



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

RESUMEN

Esta investigación pretende comparar la producción de biogás (metano) a partir de la descomposición anaerobia de materia orgánica, mediante la simulación de biodigestores pequeños en los que se utilizó desechos orgánicos caseros, estiércol de ganado bovino y material intestinal de cuatro animales propios de la región Sierra como son alpaca, vaca, cuy, y trucha.

Durante el proceso de fermentación se tomó muy en cuenta la temperatura ambiente, el tiempo de descomposición a pH determinados; de los cuales se llevó un debido control.

Una vez transcurrido el tiempo planeado de digestión, se evaluó de manera cualitativa la cantidad de gas, tomando el tiempo de llama expresado en segundos, de cada unidad de biodigestión correspondiente a cada animal y a un pH establecido al inicio del experimento.

Como subproductos de la biodigestión se obtuvo fertilizantes naturales: Biól el líquido y compost el sólido, de los cuales se evaluó la concentración de nutrientes (N, P, K), que pueden ser utilizados para mejorar los cultivos.

De esta manera se pudo comprobar que es posible producir biogás en climas templados utilizando bacterias anaerobias del sistema digestivo de



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

animales de la Sierra Ecuatoriana, obteniéndose los mejores resultados con las presentes en la alpaca y cuy.

PALABRAS CLAVES:

**BIODIGESTOR, BIOGÁS, COMPARACIÓN DE BIOGAS, SIMULACIÓN DE
BIODIGESTORES, EVALUACIÓN DE BIOL Y COMPOST,
MEDIOAMBIENTE.**



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

ABSTRACT

This research attempts to compare the production of biogas (methane) starting from the anaerobic decomposition of organic matter through the simulation of small biodigesters containing organic home waste , cow pup and intestinal matter of four animals of the Sierra region, such as alpaca, cattle, guinea pig and trout were used.

During the process of fermentation, regular temperature and decomposition time at a determined ph was taken into great account.

After the planned time of digestion a qualitative evaluation was done on the quantity of gas, taking the time of flame expressed in seconds of each unit of biodigestion, corresponding to each animal at a determined pH established at the beginning of the experiment.

Natural fertilizers, biol and compost, which are used to improve the crops, were obtained as sub products of biodigestion. From these two natural fertilizers the concentration of nutrients (N, P, K,) was evaluated.

Therefore, it is proven that biogas production is possible in mild climates using anaerobic bacteria of the digestive system of the animals of the Ecuadorian Sierra Region, obtaining the best results from anaerobic bacteria in the alpaca and guinea pig.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

INDICE

Agradecimientos

Índice

Resumen

Abstract

Introducción

Capítulo 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Biodigestor

1.2 Tipos de Biodigestor

- Biodigestor de domo flotante
- Biodigestor de domo fijo
- Biodigestor de estructura flexible

1.2.1 Usos del Biodigestor

1.3 Digestión Anaerobia

- Fase de Hidrólisis
- Fase de Acidificación
- Fase de Metanogénica

1.4 Biogás

**AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO**



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

1.5 Fertilizantes Naturales

1.5.1 Compost

1.5.2 Biol

Capítulo 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Estructura de la Investigación

2.1.1 Muestra

2.2 Metodología de Trabajo

2.2.1 Muestreo

2.2.2 Recolección y Preparación de desechos vegetales caseros

2.2.3 Recolección de recipientes

2.2.4 Recolección de material intestinal de los animales seleccionados

2.2.5 Preparación de la mezcla

2.2.6 Llenado, cierre y etiquetado de las unidades de biodigestión

2.2.7 Control diario de la temperatura ambiente durante el tiempo de estudio

2.3 Procesamiento de la Muestra

2.3.1 Materiales

2.3.2 Evaluación cualitativa de Gas Metano



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

- Procedimiento
- Resultado

2.3.3 Características Organolépticas de la unidad de biodigestión

2.3.4 Análisis de Compost y Biol

Capítulo 3: RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Registro de temperatura promedio diaria

3.2 Datos a los 75 días, análisis cualitativo de biogás y componente sulfuroso

3.3 Datos a los 90 días, análisis cualitativo de biogás y componente sulfuroso

3.4 Datos a los 105 días, análisis cualitativo de biogás y componente sulfuroso

3.5 Resultados a los 75 y 105 días del biol

3.6 Resultados a los 75 y 105 días del compost

3.7 Resultado del recuento de bacterias anaerobias del material intestinal de los animales en estudio

3.8 Análisis Estadístico

- Registro de presión manométrica
- Cálculo de la cantidad de biogás en el biodigestor grande de 55 galones



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Capítulo 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

4.2 Recomendaciones

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Biodigestor de Domo Flotante

Figura 2: Biodigestor de Domo Fijo

Figura 3: Biodigestor de Estructura Flexible

Figura 4: Proceso de Fermentación Anaeróbica

Figura 5: Usos del Biogás

Figura 6 y 7: Materia Vegetal escogida y picada

Figura 8: Mezcla Orgánica

Figura 9: Determinación de pH a la mezcla orgánica

Figura 10 y 11: Llenado de unidades de biodigestión

Figura 12: Etiqueta para unidades de biodigestión

Figura 13: Unidades de biodigestión etiquetadas

Figura 14 y 15: Modelo de un Biodigestor para uso doméstico



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos a los 75 días, valoración cualitativa de biogás y componente sulfuroso

Tabla 2: Datos a los 90 días, valoración cualitativa de biogás y componente sulfuroso

Tabla 3: Datos a los 105 días, valoración cualitativa de biogás y componente sulfuroso

Tabla 4: Resultados a los 75 y 105 días del Biol

Tabla 5: Resultados a los 75 y 105 días del Compost

Tabla 6: Resultados del recuento de bacterias anaerobias del material intestinal de los animales en estudio

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: ALPACA – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 2: ALPACA – Componente Sulfuroso vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 3: CUY – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 4: CUY – Componente Sulfuroso vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 5: TRUCHA – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 6: TRUCHA – Componente Sulfuroso vs Tiempo de Descomposición y pH



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Gráfico 7: VACA – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 8: VACA – Componente Sulfuroso vs Tiempo de Descomposición y pH

Gráfico 9: BIOL – Concentración de Nitrógeno vs Animal y Tiempo de Descomposición

Gráfico 10: BIOL – Concentración de Fósforo vs Animal y Tiempo de Descomposición

Gráfico 11: BIOL – Concentración de Potasio vs Animal y Tiempo de Descomposición

Gráfico 12: COMPOST – Concentración de Nitrógeno vs Animal y Tiempo de Descomposición

Gráfico 13: COMPOST – Concentración de Fósforo vs Animal y Tiempo de Descomposición

Gráfico 14: COMPOST – Concentración de Potasio vs Animal y Tiempo de Descomposición

Gráfico 15: Animal vs Recuento de Bacterias Anaerobias

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fotografía de Estómago de Alpaca

Anexo 2: Fotografía de Estómago de Trucha



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Anexo 3: Fotografía de Estómago de Vaca

Anexo 4: Fotografía de Estómago de Cuy

Anexo 5: Resultado de Recuento total de Bacterias anaerobias

Anexo 6: Fotografía Bacterias Anaerobias de los Animales en estudio

Anexo 7: Datos de Temperatura Media del “Aeropuerto Mariscal Lamar

Anexo 8: Informe de Análisis de laboratorio (Muestras Líquidas)

Anexo 9: Informe de Análisis de Laboratorio (Muestras Sólidas)



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERA INDUSTRIAL**

AUTORA:

DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO

DIRECTOR:

Ing. FRANCISCO VAZQUEZ CALERO Msc.

CUENCA – ECUADOR

2010



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Dios por guiar, iluminar y llenar mi vida.

A mi director de tesis, Ing. Francisco Vázquez Msc. por haber compartido sus conocimientos y experiencia, dedicando parte de su valioso tiempo a la realización de esta investigación.

A mi familia, parte esencial de mi vida, por estar siempre a mi lado apoyándome y ayudándome de manera incondicional a lo largo de mis estudios.

Al Ing. Cristian Ayora por haberme ayudado en el análisis estadístico de esta tesis.

A mi abuelo, el Dr. José Simón Astudillo Q., que fue un aporte muypreciado dentro de este trabajo.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

INTRODUCCION

La inapropiada explotación y utilización de los recursos naturales que desde hace varias décadas se ha venido generando, a causa de las malas prácticas originadas por el sector industrial, comercial, doméstico, la exagerada y devastadora tala de árboles, la eliminación de desechos tanto químicos como orgánicos en las aguas de ríos y océanos, la emisión de CO₂ producida por los medios de transporte, la falta de un adecuado tratamiento y clasificación de materiales biodegradables de los no biodegradables, la ausencia cultural del reciclaje, la mala utilización de los recursos hídricos, la contaminación de los suelos generado por incorrectas prácticas agrícolas, el uso de aerosoles y productos químicos contaminantes, etc.

Todas estas causas mencionadas y muchas otras, han llevado a la destrucción alarmante de la capa de ozono, la misma que ha generado una serie de efectos en el medio ambiente, entre los más destacados el efecto invernadero, lluvia ácida, concentración de Monóxido de Carbono (CO), cambios climáticos a gran escala; estos factores inciden y afectan sobre la calidad de vida de los seres vivos del planeta, provocando extinción de especies animales y vegetales, así como también un gran número de enfermedades sobre el ser humano, como el cáncer, problemas respiratorios, etc.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Es por eso que ante este hecho de alta preocupación, se ha buscado el incursionar en la investigación de energías alternativas, como medida de acción y sentido de conservación del medio ambiente, con el único propósito de aportar a la sociedad con la implementación de propuestas de reutilización de desechos orgánicos que por medio de procedimientos sencillos y fáciles coadyuven a mejorar el ambiente, y generar elementos utilizables y prácticos.

Se pretende generar un cambio de mentalidad en los miembros de comunidades principalmente rurales, quienes deben conocer a cerca del beneficio económico y al medio ambiente que, trae la producción y el uso de biogás , obtenido a partir de deshechos vegetales caseros y de deshechos intestinales de animales que se crían en la sierra; además de obtener y utilizar un fertilizante natural que mejorará sus cultivos, tomando en cuenta que se necesita una mínima inversión y que el retorno de la misma es prontamente previsible.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

CAPITULO # 1

MARCO TEÓRICO

1.1 BIODIGESTOR

Se puede definir como un recipiente o contenedor que debe mantenerse herméticamente cerrado, con el fin de crear un ambiente adecuado para una descomposición anaerobia de materia orgánica siendo su principal aplicación para la obtención de biogás.

Por lo tanto el biodigestor debe contener una porción de materia orgánica sólida, la misma que consta de una mezcla compuesta de desechos de comida, restos de cosechas, cortezas de alimentos vegetales no procesados (desechos caseros); además de material intestinal, estiércol fresco de animales y agua; material indispensable para que se realice la fermentación anaerobia.¹

Para construir un biodigestor se debe tener presente los siguientes requerimientos básicos, como disponer de un tanque con una entrada para que se pueda introducir la materia orgánica y el agua; y dos salidas, una para el gas, a la cual se le acopla una manguera que tenga conexión directa a una cocina; y la otra para el compost y biol.² Es importante instalar un manómetro para controlar la presión interna del tanque y poder de esta manera evaluar la cantidad de gas producido a través del tiempo.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

1.2 TIPOS DE BIODIGESTOR

Existe varios tipos de biodigestores, entre los más conocidos se puede citar los siguientes:

- **Biodigestor de domo flotante (India):**

Este biodigestor es de origen Hindú, fue desarrollado por campesinos después de la segunda guerra mundial, ante la necesidad de un combustible para los tractores y calefacción para sus hogares en época de invierno. Este biodigestor trabaja a presión constante, es muy fácil de operar ya que fue ideado para ser manejado por campesinos; su alimentación es semi-continua.

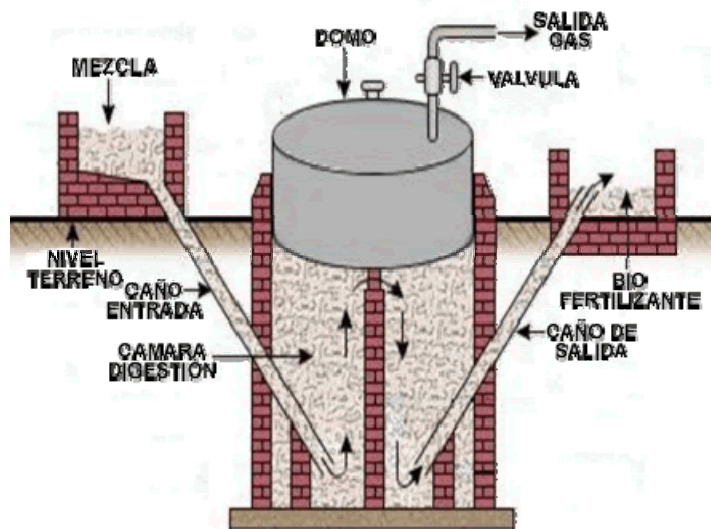


Figura No. 1 Biodigestor de Domo Flotante ¹⁴



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

- **Biodigestor de domo fijo (China):**

Luego de observar el éxito del biodigestor Hindú, China adaptó esta tecnología y desarrollo un biodigestor que se ajustase a sus propias necesidades que eran de tipo sanitarias más que energéticas; ya que se deshicieron de las heces humanas en el área rural, eliminando los malos olores y obteniendo abono natural y gas para las cocinas y el alumbrado. Este biodigestor funciona con presión variable ya que el objetivo no es producir gas sino el abono orgánico.³

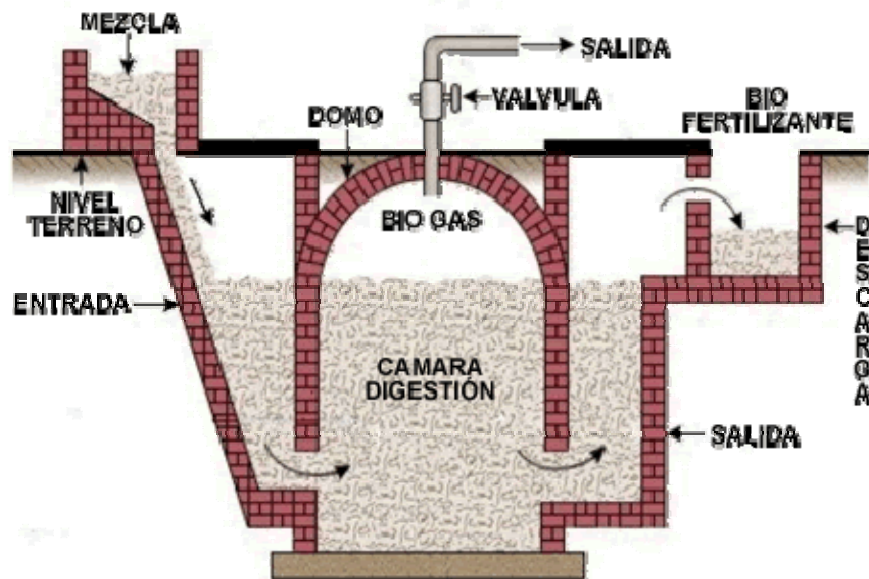


Figura No. 2 Biodigestor de Domo Fijo¹⁵



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

- **Biodigestor de estructura flexible (De Manga):**

Éste se deriva de la necesidad de reducir los costos para construir un biodigestor de materiales flexibles más baratos. Actualmente el polietileno es el material más usado en América Latina, Asia y África. Este biodigestor se lo llena parcialmente, el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, se va inflando poco a poco con una presión de operación baja.⁴



Figura No. 3 Biodigestor de Polietileno¹⁶



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

1.2.1 Usos del Biodigestor

Entre los principales usos de un biodigestor se anotan los siguientes:

- Producción de Biogás
- Obtención de fertilizantes naturales, tanto líquidos como sólidos.
- Manejo adecuado y oportuno de residuos biodegradables, tales como efluentes humanos y animales que se envían al medio ambiente.
- Purificación de aguas residuales.
- Disminución de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera como el Metano.
- Abastecimiento de fuentes energéticas alternativas para la vivienda familiar.⁵

1.3 DIGESTIÓN ANAEROBIA

Es la descomposición de materia orgánica animal o vegetal en ausencia de aire y con la presencia de un grupo de bacterias anaerobias dando como producto final gas natural.

Para que se logre un proceso de descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas, es necesario crear el ambiente anaerobio (herméticamente cerrado, en ausencia de oxígeno) para el desarrollo y



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

supervivencia de este grupo de bacterias, cuya intervención tiene lugar en varias etapas, las mismas que se detallan a continuación:

Fase de Hidrólisis

En esta primera etapa intervienen bacterias acidificantes cuya misión consiste en que las cadenas largas de estructuras carbonadas que están formando la materia orgánica, les van rompiendo, reduciéndolas a cadenas más cortas y simples, liberando hidrógeno y dióxido de carbono.

- **Fase de Acidificación**

En esta etapa la lleva a cabo las bacterias acetogénicas que realizan la degradación de los ácidos grasos orgánicos, transformando en ácido acético y liberando una pequeña cantidad de hidrógeno y dióxido de carbono.

- **Fase de Metanogénica**

Las bacterias intervinientes en esta etapa son las metanogénicas que son aquellas que utilizan los ácidos (acético y otros ácidos orgánicos de cadena corta) que se formaron en etapas anteriores para producir gas metano.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

A continuación se presenta gráficamente cada una de las etapas con sus distintas características:

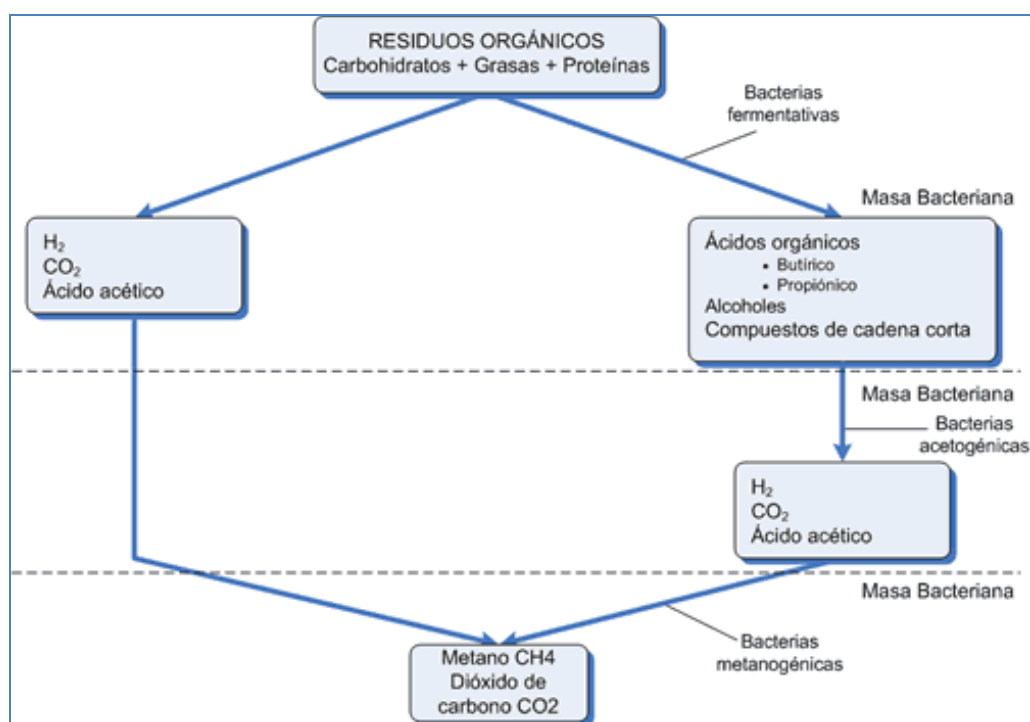


Figura No.4 Proceso de Fermentación anaeróbica ¹⁷

Las bacterias anteriormente mencionadas tienen la característica de ser anaerobias con una pequeña diferencia de que las bacterias acidificantes y acetogénicas son anaerobias facultativas, es decir pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno; mientras que las bacterias metanogénicas



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

son estrictamente anaerobias, por lo tanto no pueden vivir en presencia de oxígeno.⁶

Esta fermentación, es un proceso natural en el que se producen olores a veces desagradables, en el que influyen ciertos factores como la temperatura, el pH y el tiempo entre los principales, es por eso que su control es importante para obtener resultados favorables.

- Temperatura: existe una relación directa con la producción de biogás.
- pH: En un rango cercano al neutro.
- Tiempo: también existe una relación directa con la producción de biogás.

Este proceso tiene importantes ventajas como reducir la emisión de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de la biomasa (residuos orgánicos) entre otras.⁷

1.4 BIOGÁS

Es el resultado de la descomposición de la materia biodegradable dentro del biodigestor, que en su mayoría está compuesta por gas metano CH_4 y dióxido de carbono CO_2 .



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Es una forma barata y fácil de obtener energía que tiene gran potencial para ser desarrollada y utilizada ampliamente.⁸

Al ser este gas inflamable por la presencia de metano se le puede dar varios usos tales como:

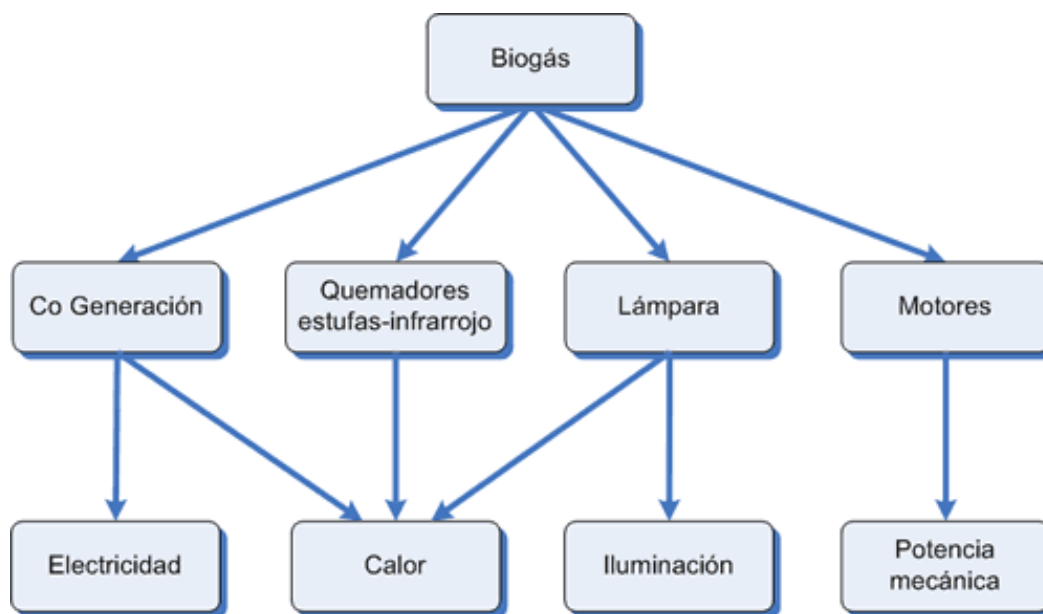


Figura No. 5 Usos del Biogás¹⁸

El producto principal de la digestión anaerobia es el biogás, mezcla gaseosa de metano y dióxido de carbono, con pequeñas proporciones de otros componentes como nitrógeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno; esta composición depende de la materia prima utilizada y del proceso en sí.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Aunque su potencia calorífica no es muy grande, puede sustituir al gas de la ciudad.⁹

1.5 FERTILIZANTES NATURALES

1.5.1 Compost

Se produce por la descomposición de la materia orgánica que puede ser en presencia de oxígeno (aerobia) o sin la presencia de oxígeno (anaerobia), siendo la segunda objeto de este estudio. Cuando se tiene un proceso de ciclo anaerobio también se lo llama metanización o por el contrario cuando el ciclo es aerobio se lo llama compostaje.

La metanización tiene la ventaja de reducir los olores producidos por la descomposición y la carga contaminante propia de la materia orgánica. Además por desarrollarse en un ambiente cerrado (ausencia de oxígeno) reduce el riesgo de causar enfermedades en personas y animales.¹⁰

El residuo sólido resultante de la fermentación anaerobia de la materia orgánica es conocido y utilizado por su rica concentración de nutrientes como un abono orgánico.¹¹

El compost se usa principalmente como fertilizante en procesos agrícolas, semi – industriales, cultivo de huerta (doméstico), flores, césped etc., además



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

el costo – beneficio es considerable, ya que la materia prima utilizada proviene de fuentes renovables, por lo tanto el precio es estable y mínimo; mientras que en los fertilizantes químicos sucede lo contrario, el precio es inflacionario al provenir la materia prima de fuentes no renovables.¹²

Otra ventaja es que el uso de estos fertilizantes asegura que los alimentos producidos estarán libres de sustancias químicas perjudiciales para la salud.

1.5.2 Biol

El Biol es un subproducto de la descomposición anaerobia de materia orgánica, que sirve como abono natural líquido, es de color oscuro, que contiene Nitrógeno, Fósforo, Potasio que constituyen nutrientes importantes para el suelo y además es de fácil asimilación por las plantas.

Funciones del Biol:

- Nutre y reactiva la vida del suelo
- Fortalece la fertilidad de las plantas
- Sustituye cierta cantidad de fertilizantes químicos
- Estimula la protección de los cultivos contra el ataque de plagas.¹³



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Como norma para el uso del biol, se puede acotar la forma de preparación para su utilización. Se debe diluir el líquido madre con una parte de agua para el riego en los cultivos y suelos. Su beneficio es grande para que las plantas conserven su color natural y den buenos frutos.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

CAPITULO # 2

MATERIALES Y METODOS

2.1 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

Como medida de acción y sentido de conservación del medio ambiente, que hoy en día es un tema de gran preocupación, se pretende incursionar en la explotación de energías renovables, con el único propósito de ayudar a la sociedad con la implementación de alternativas para el reciclaje de desechos orgánicos que por medio de procesos simples de descomposición, se puede generar gas metano y un fertilizante natural para el suelo como es el caso del compost y del biol.

De esta manera se pretende crear conciencia en las personas tanto de la ciudad como de las parroquias rurales, quienes deben estar al tanto del beneficio económico y al medio ambiente que trae la producción de biogás, obtenido a partir de desechos vegetales caseros y de desechos intestinales de animales que se crían a temperaturas y alturas de la sierra, además de la obtención y utilización de un fertilizante natural que mejorará los cultivos.

Con el presente trabajo se ha tratado de simular biodigestores pequeños, que contengan desechos vegetales caseros y material intestinal de animales seleccionados (vaca, alpaca, cuy y trucha), mantenidos a



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

temperatura ambiente de Cuenca, con el fin de comparar los niveles de rendimiento en producción de gas metano y los nutrientes del fertilizante natural entre los distintos materiales intestinales utilizados.

2.1.1 Muestra

Se seleccionó material intestinal de cuatro animales que viven en temperaturas de la Sierra, estos fueron: Alpaca (de la zona del Cajas), Trucha (Criadero del Cajas), Cuy (Av. Don Bosco, Ciudad de Cuenca) y Vaca (Camal municipal de Cuenca).

Se preparó 36 unidades de biodigestión en botellas plásticas de tres litros de capacidad, repartidas en cuatro grupos de 9 unidades de acuerdo a cada animal mencionado. Cada grupo se repartía en tres subgrupos de tres unidades cada uno, preparados a pH de 6,5 – 7,0 y 7,5 respectivamente. Todas las unidades fueron herméticamente cerradas y mantenidas a temperatura ambiente (al aire libre), hasta que se cumpla el tiempo programado para ser evaluadas.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

2.2 METODOLOGIA DEL TRABAJO

2.2.1 Muestreo

Para preparar las unidades de biodigestión se realizaron las siguientes etapas:

- 1) Recolección y preparación de desechos vegetales caseros,
- 2) Recolección de botellas plásticas de 3 litros (botellas de agua güitig),
- 3) Recolección de los distintos estómagos de los animales seleccionados,
- 4) Preparación de la mezcla,
- 5) Llenado, cierre y etiquetado de las botellas,
- 6) Control diario de la temperatura ambiente durante el tiempo del estudio,
- 7) Evaluación cualitativa de gas metano a los 75, 90 y 105 días (una unidad de cada pH y animal),
- 8) Características organolépticas del residuo (compost y biol),
- 9) Resultados de análisis de compost y biol.

2.2.2 Recolección y Preparación de Desechos Vegetales Caseros



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Se realizó una recolección de desechos vegetales crudos y frescos (no procesados) en: restaurantes, lugares donde se preparan viandas y en cocinas caseras en su mayoría; de los deshechos recolectados se rechazó aquellos que son ricos en ácido cítrico como por ejemplo cáscaras de naranja, mandarina, limón, maracuyá entre otros; ya que estos influyen directamente en el pH de la mezcla final. Luego a todo este material se le tendió al aire libre por 2 y 3 días, para reducir la humedad. Se picó y molió a todo el material con el fin de facilitar el ataque microbiológico principalmente y el llenado de las unidades de biodigestión. Fig. No. 6 y 7



Figura No. 6 y 7 Materia vegetal escogida y picada ¹⁹



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

2.2.3 Recolección de Recipientes

Como característica de los recipientes que se escogió para simular los biodigestores, es que deben ser iguales tanto en tamaño como en el material. Para el presente estudio se utilizó botellas plásticas con una capacidad de tres litros (botellas de agua mineral); las mismas que se recolectaron en casas particulares. A estas botellas se las lavó con agua y se las pintó por fuera de color negro para una mayor captación y conservación de calor.

2.2.4 Recolección de material intestinal de los animales seleccionados

La recolección del material intestinal (estómago e intestinos) de los animales seleccionados para el presente estudio, se la hizo en un mismo día.

El estómago de la **alpaca** se recogió de un ejemplar de la zona del Parque Nacional del Cajas que había sido atropellada. Mediante la autorización del profesional responsable, se pudo obtener el material biológico requerido, el que se mantuvo en temperatura de refrigeración (entre 2 – 8°C) por 48 horas antes de ser utilizado en el experimento. Anexo 1

El material intestinal de la **trucha**, se adquirió fácilmente, en el criadero de la Estación Dos Chorreras en la zona del Cajas, en este mismo sitio se faenan



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

dichos animales. Se obtuvo material fresco mantenido a temperatura de refrigeración hasta su utilización el mismo día de recolección. Anexo 2

El estómago de la **vaca** se recolectó en el Camal Municipal. Se seleccionó el cuarto estómago, manteniéndose en refrigeración hasta su utilización en el experimento el mismo día en que se faenaron. Anexo 3

El material intestinal del cuy se adquirió en un lugar de comida típica en la avenida Don Bosco de la ciudad de Cuenca; el mismo día que se realizó el experimento, manteniéndolo hasta tanto en refrigeración. Anexo 4

Se realizó un análisis de recuento total de bacterias anaerobias, del material intestinal de los cuatro animales, en el laboratorio de Microbiología de la Escuela de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Química, con el fin de conocer la carga bacteriana de cada muestra. Anexo 5

2.2.5 Preparación de la Mezcla

Con los desechos vegetales preparados en 2.2.2, se realizó la mezcla Fig. No.8 con estiércol fresco de vaca en una proporción aproximada de 2 – 1, es decir por una parte de estiércol dos partes de desechos vegetales.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**



Figura No. 8 Mezcla Orgánica²⁰

Se tomó el pH de la mezcla y se lo fue graduando de acuerdo al requerimiento hasta 6.5, 7.0 y 7.5; para conseguir el pH deseado se agregó ceniza o más de la mezcla orgánica.



Figura No. 9 Determinación de pH a la mezcla orgánica²¹



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

2.2.6 Llenado, Cierre y Etiquetado de las Botellas

Para llenar las unidades de biodigestión, se tomó una cantidad patrón de la mezcla orgánica preparada previamente para un llenado homogéneo de las 36 botellas, luego se agregó agua tibia (para una mayor activación de las bacterias anaerobias) en una relación 2 a 1 con la mezcla orgánica Fig. No 10 y 11. Se repartió las botellas en tres grupos de 12 unidades de acuerdo al pH y finalmente se adicionó un pedazo de estómago o material intestinal de cada uno de los cuatro animales en estudio de aproximadamente 20g. en 9 botellas (3 unidades con mezcla de un mismo pH). Posteriormente se cerró a cada una de las botellas con corchos incrustados por agujas hipodérmicas (No. 12 de pulgada y media) y para asegurar que haya sido sellado herméticamente se colocó cera de vela tanto en el borde de las botellas como en la punta de la cánula.



Figura No. 10 y 11 – Llenado de Botellas ²²



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Por último se etiquetó al grupo de las botellas (12) correspondiente a cada animal con un color distintivo Fig. No. 12, se les ubicó al aire libre para que puedan captar con facilidad el calor durante el día. Por ejemplo:

VACA pH 6.5

Figura No. 12 – Etiqueta para Botellas ²³



Figura No. 13 – Botellas Etiquetadas ²⁴

Una vez listas las botellas, toda esa mezcla orgánica y el material intestinal se aprovechó y se lo puso en un biodigestor grande que se construyó a partir de un tanque metálico de 55 galones en el que se acopló un manómetro, una válvula de donde sale una manguera propia para la salida de gas y se



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

soldaron dos tuberías de acero; una para la entrada de materia y la otra para la salida, la misma que tenía un tamiz para facilitar la separación del biol y compost. Como se muestra en la figura No.14 y 15



Figura No. 14 y 15 – Modelo de un Biodigestor para uso Doméstico ²⁵

2.2.7 Control Diario de la Temperatura Ambiente Durante el Tiempo de Estudio

Para el control diario de la temperatura media del ambiente durante el tiempo de investigación, se requirió ayuda del Departamento de Meteorología del Aeropuerto Mariscal Lamar de la ciudad de Cuenca, el mismo que proporcionó dicha información. Anexo 6



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

2.3 PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

Una vez transcurrido el tiempo de biodigestión en las diferentes unidades preparadas, se realizó la evaluación en la producción de gas metano, mediante una prueba cualitativa.

2.3.1 Materiales

- Lámpara de alcohol
- Fósforos
- Alambre
- Guantes quirúrgicos
- Cronómetro

2.3.2 Evaluación Cualitativa de Gas Metano

Se programó la evaluación cualitativa del gas metano en las unidades de biodigestión en tres tiempos a los 75, 90 y 105 días.

De esta manera fueron evaluadas 12 unidades por cada intervalo de tiempo (4 animales: alpaca, vaca, cuy y trucha; y, a pH 6.5, 7.0 y 7.5).



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

En cada unidad se detectó cualitativamente el gas producido mediante el tiempo de mantención de la llama, utilizando una lámpara de alcohol y un cronómetro.

- **Procedimiento**

Inicialmente se limpió el canal de la aguja hipodérmica con mucho cuidado evitando que se escape el gas, de inmediato se acerca la punta de la aguja a la lámpara de alcohol prendida, se observó la emanación del gas mediante la intensidad de la llama y se midió el tiempo transcurrido de este fenómeno mediante el cronometro.

- **Resultado**

La producción de gas metano se expresa en el tiempo de mantención de la llama, expresada en segundos.

Por ejemplo:

Muestra: Unidad a pH 6.5, animal-vaca, abierto a 75 días.

Prueba cualitativa para evaluar el gas metano:

- Prueba de llama: 36 segundos



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

2.3.3 Características Organolépticas de la unidad de digestión

Después de realizar la prueba de la llama se evaluó el olor del residuo para saber si presentó o no, componente sulfuroso.

Además se observó el color del fertilizante líquido (biol), que iba desde un color amarillo verdoso hasta un amarillo ámbar. Se llevó al laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca para analizar el contenido de N, P, K y pH. El fertilizante sólido (compost) obtenido se sacó de la botella para secar al ambiente y llevar al laboratorio mencionado para realizar el mismo análisis que se aplicó al biol.

2.3.4 Análisis de Compost y Biol

Para obtener resultados representativos a cerca de la riqueza nutritiva para el suelo de las muestras obtenidas de fertilizantes naturales tanto líquidas como sólidas, se realizó el muestreo de la siguiente manera:

- 1) Se mezcló los fertilizantes líquidos obtenidos a los diferentes pH/animal, obteniendo así una muestra a los 75 días y otra a los 105 días para cada uno de los cuatro animales.
- 2) Con los fertilizantes sólidos se procedió como en el paso anterior



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

- 3) Por lo tanto se llevó al laboratorio un total de 8 muestras de biol y 8 muestras de compost. (Anexo 7 y 8)
- 4) Se analizó también una muestra de biol obtenido del biodigestor (de tanque grande) preparado con material biológico de los cuatro animales en conjunto.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

CAPITULO # 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 REGISTRO DIARIO DE TEMPERATURA PROMEDIO

Día	Fecha	Temperatura promedio diaria
	12 de agosto de 2009	14,8 °C
1	13 de agosto de 2009	15,3 °C
2	14 de agosto de 2009	14,3 °C
3	15 de agosto de 2009	13,3 °C
4	16 de agosto de 2009	14,4 °C
5	17 de agosto de 2009	14,4 °C
6	18 de agosto de 2009	15,5 °C
7	19 de agosto de 2009	15,9 °C
8	20 de agosto de 2009	15,7 °C
9	21 de agosto de 2009	15,0 °C
10	22 de agosto de 2009	14,7 °C
11	23 de agosto de 2009	14,2 °C
12	24 de agosto de 2009	15,0 °C
13	25 de agosto de 2009	15,0 °C
14	26 de agosto de 2009	15,4 °C
15	27 de agosto de 2009	15,0 °C
16	28 de agosto de 2009	13,5 °C
17	29 de agosto de 2009	13,5 °C
18	30 de agosto de 2009	12,6 °C
19	31 de agosto de 2009	14,9 °C
20	1 de septiembre de 2009	14,8 °C
21	2 de septiembre de 2009	15,8 °C



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

22	3 de septiembre de 2009	14,1 °C
23	4 de septiembre de 2009	15,5 °C
24	5 de septiembre de 2009	15,1 °C
Día	Fecha	Temperatura Promedio Diaria
25	6 de septiembre de 2009	13,8 °C
26	7 de septiembre de 2009	14,1 °C
27	8 de septiembre de 2009	14,3 °C
28	9 de septiembre de 2009	16,1 °C
29	10 de septiembre de 2009	15,7 °C
30	11 de septiembre de 2009	14,3 °C
31	12 de septiembre de 2009	14,9 °C
32	13 de septiembre de 2009	14,3 °C
33	14 de septiembre de 2009	16,4 °C
34	15 de septiembre de 2009	15,0 °C
35	16 de septiembre de 2009	14,7 °C
36	17 de septiembre de 2009	14,5 °C
37	18 de septiembre de 2009	15,1 °C
38	19 de septiembre de 2009	14,4 °C
39	20 de septiembre de 2009	16,7 °C
40	21 de septiembre de 2009	16,4 °C
41	22 de septiembre de 2009	15,7 °C
42	23 de septiembre de 2009	16,1 °C
43	24 de septiembre de 2009	15,2 °C
44	25 de septiembre de 2009	15,9 °C
45	26 de septiembre de 2009	16,5 °C
46	27 de septiembre de 2009	15,0 °C
47	28 de septiembre de 2009	15,0 °C
48	29 de septiembre de 2009	15,4 °C
49	30 de septiembre de 2009	15,0 °C



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

50	1 de octubre de 2009	16,7 °C
51	2 de octubre de 2009	15,9 °C
52	3 de octubre de 2009	17,0 °C
53	4 de octubre de 2009	15,0 °C
54	5 de octubre de 2009	13,7 °C
Día	Fecha	Temperatura Promedio Diaria
55	6 de octubre de 2009	17,3 °C
56	7 de octubre de 2009	16,5 °C
57	8 de octubre de 2009	15,8 °C
58	9 de octubre de 2009	15,7 °C
59	10 de octubre de 2009	15,0 °C
60	11 de octubre de 2009	14,2 °C
61	12 de octubre de 2009	15,8 °C
62	13 de octubre de 2009	15,8 °C
63	14 de octubre de 2009	14,8 °C
64	15 de octubre de 2009	15,6 °C
65	16 de octubre de 2009	16,7 °C
66	17 de octubre de 2009	17,1 °C
67	18 de octubre de 2009	14,8 °C
68	19 de octubre de 2009	15,1 °C
69	20 de octubre de 2009	15,2 °C
70	21 de octubre de 2009	14,8 °C
71	22 de octubre de 2009	14,6 °C
72	23 de octubre de 2009	16,4 °C
73	24 de octubre de 2009	16,8 °C
74	25 de octubre de 2009	17,0 °C
75	26 de octubre de 2009	16,8 °C
76	27 de octubre de 2009	15,1 °C
77	28 de octubre de 2009	17,3 °C



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

78	29 de octubre de 2009	17,3 °C
79	30 de octubre de 2009	15,9 °C
80	31 de octubre de 2009	16,4 °C
81	1 de noviembre de 2009	15,0 °C
82	2 de noviembre de 2009	14,7 °C
83	3 de noviembre de 2009	14,8 °C
84	4 de noviembre de 2009	15,4 °C
Día	Fecha	Temperatura Promedio Diaria
85	5 de noviembre de 2009	14,5 °C
86	6 de noviembre de 2009	13,9 °C
87	7 de noviembre de 2009	13,2 °C
88	8 de noviembre de 2009	13,9 °C
89	9 de noviembre de 2009	14,9 °C
90	10 de noviembre de 2009	15,8 °C
91	11 de noviembre de 2009	16,3 °C
92	12 de noviembre de 2009	14,7 °C
93	13 de noviembre de 2009	16,2 °C
94	14 de noviembre de 2009	15,8 °C
95	15 de noviembre de 2009	15,9 °C
96	16 de noviembre de 2009	16,1 °C
97	17 de noviembre de 2009	16,6 °C
98	18 de noviembre de 2009	14,3 °C
99	19 de noviembre de 2009	16,8 °C
100	20 de noviembre de 2009	17,8 °C
101	21 de noviembre de 2009	18,0 °C
102	22 de noviembre de 2009	18,1 °C
103	23 de noviembre de 2009	16,5 °C
104	24 de noviembre de 2009	16,6 °C
105	25 de noviembre de 2009	17,6 °C



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

3.2 DATOS A LOS 75 DÍAS, VALORACIÓN CUALITATIVA DE BIOGÁS Y COMPONENTE SULFUROSO. (Tabla 1)

FECHA	ANIMAL	PH	TIEMPO DE LLAMA(seg)	COMPONENTE SULFUROSO	CANTIDAD DE GAS
Primeras Botellas 26/nov/09	Alpaca	6,5	18	Medio	Buena
	Alpaca	7	35	Medio	Muy Buena
	Alpaca	7,5	20	Medio	Buena
	Cuy	6,5	24	Poco	Buena
	Cuy	7	23	Poco	Buena
	Cuy	7,5	28	Poco	Muy Buena
	Vaca	6,5	36	Medio	Muy Buena
	Vaca	7	12	Poco	Regular
	Vaca	7,5	19	Medio	Buena
	Trucha	6,5	15	Alto	Buena
	Trucha	7	22	Alto	Buena
	Trucha	7,5	21	Alto	Buena

Cantidad de Gas		
Nivel	Categoría	Criterio
4	Excelente	T. Llama >39 s.
3	Muy Buena	T. Llama 26>39 s.

Componente Sulfuroso	
Nivel	Categoría
4	Alto
3	Medio

**AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO**



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

2	Buena	T. Llama 13>26s.	2	Poco
1	Regular	T. Llama <13s.	1	Muy Poco

3.3 DATOS A LOS 90 DÍAS, VALORACIÓN CUALITATIVA DE BIOGÁS Y COMPONENTE SULFUROSO. (Tabla 2)

FECHA	ANIMAL	PH	TIEMPO DE LLAMA(seg)	COMPONENTE SULFUROSO	CANTIDAD DE GAS
Segundas Botellas 10/nov/09	Alpaca	6,5	8,91	Muy Poco	Regular
	Alpaca	7	24,15	Muy Poco	Buena
	Alpaca	7,5	40,02	Muy Poco	Excelente
	Cuy	6,5	18,25	Muy Poco	Buena
	Cuy	7	24	Muy Poco	Buena
	Cuy	7,5	39,41	Muy Poco	Excelente
	Vaca	6,5	28	Muy Poco	Muy Buena
	Vaca	7	27	Muy Poco	Muy Buena
	Vaca	7,5	19	Poco	Buena
	Trucha	6,5	17,92	Muy Poco	Buena
	Trucha	7	16	Muy Poco	Buena
	Trucha	7,5	18,71	Muy Poco	Buena

Cantidad de Gas		
Nivel	Categoría	Criterio

Componente Sulfuroso	
Nivel	Categoría

**AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO**



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

4	Excelente	T. Llama >39 s.	4	Alto
3	Muy Buena	T. Llama 26>39 s.	3	Medio
2	Buena	T. Llama 13>26s.	2	Poco
1	Regular	T. Llama <13s.	1	Muy Poco

3.4 DATOS A LOS 105 DÍAS, VALORACIÓN CUALITATIVA DE BIOGÁS Y COMPONENTE SULFUROSO. (Tabla 3)

FECHA	ANIMAL	PH	TIEMPO DE LLAMA(seg)	COMPONENTE SULFUROSO	CANTIDAD DE GAS
Terceras Botellas 25/nov/09	Alpaca	6,5	16	Muy Poco	Buena
	Alpaca	7	20,51	Muy Poco	Buena
	Alpaca	7,5	23,09	Muy Poco	Buena
	Cuy	6,5	15	Muy Poco	Buena
	Cuy	7	22,57	Muy Poco	Buena
	Cuy	7,5	21,51	Muy Poco	Buena
	Vaca	6,5	16,3	Muy Poco	Buena
	Vaca	7	12,8	Muy Poco	Regular
	Vaca	7,5	23,02	Muy Poco	Buena
	Trucha	6,5	12	Muy Poco	Regular
	Trucha	7	13	Muy Poco	Regular
	Trucha	7,5	15,95	Muy Poco	Buena



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

Cantidad de Gas		
Nivel	Categoría	Criterio
4	Excelente	T. Llama >39 s.
3	Muy Buena	T. Llama 26>39 s.
2	Buena	T. Llama 13>26s.
1	Regular	T. Llama <13s.

Componente Sulfuroso	
Nivel	Categoría
4	Alto
3	Medio
2	Poco
1	Muy Poco

3.5 RESULTADOS A LOS 75 Y 105 DIAS DEL BIOL. (Tabla 4)

MUESTRAS LIQUIDAS (BIOL)				
ANIMAL	pH	N (g/l)	P (g/l)	K (g/l)
Alpaca ₇₅	6,7	0,45	60	0,8
Alpaca ₁₀₅	7,0	0,28	50	1,2
Cuy ₇₅	5,8	0,17	80	1,02
Cuy ₁₀₅	6,2	0,18	90	1,7
Trucha ₇₅	6,7	0,46	130	1,25
Trucha ₁₀₅	7,0	0,22	250	1,25
Vaca ₇₅	6,7	0,28	70	0,85
Vaca ₁₀₅	7,0	0,36	80	1,2

**AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO**



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

3.6 RESULTADOS A LOS 75 Y 105 DÍAS DEL COMPOST. (Tabla 5)

MUESTRAS SOLIDAS (COMPOST)				
ANIMAL	pH	N (%)	P (%)	K (%)
Alpaca ₇₅	6,7	1,4	0,2	0,3
Alpaca ₁₀₅	7,0	1,38	0,3	0,4
Cuy ₇₅	5,8	1,4	0,3	0,3
Cuy ₁₀₅	6,2	1,2	0,4	0,6
Trucha ₇₅	6,7	1,2	0,4	0,3
Trucha ₁₀₅	7,0	1,3	0,4	0,3
Vaca ₇₅	6,7	1,3	0,4	0,3
Vaca ₁₀₅	7,0	1,5	0,4	0,4

AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

3.7 RESULTADO DEL RECuento DE BACTERIAS ANAEROBIAS DEL MATERIAL INTESTINAL DE LOS ANIMALES EN ESTUDIO. (Tabla 6)

RECuento DE BACTERIAS ANAEROBIAS	
MUESTRA	R.E.P Anaerobios UFC/g
Estómago de Alpaca	$9,2 \times 10^6$
Estómago de Trucha	$2,89 \times 10^2$
Estómago de Cuy	$1,1 \times 10^8$
Estómago de Vaca	$4,8 \times 10^6$

UFC/g – Unidades Formadores de Colonias por gramo

AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO

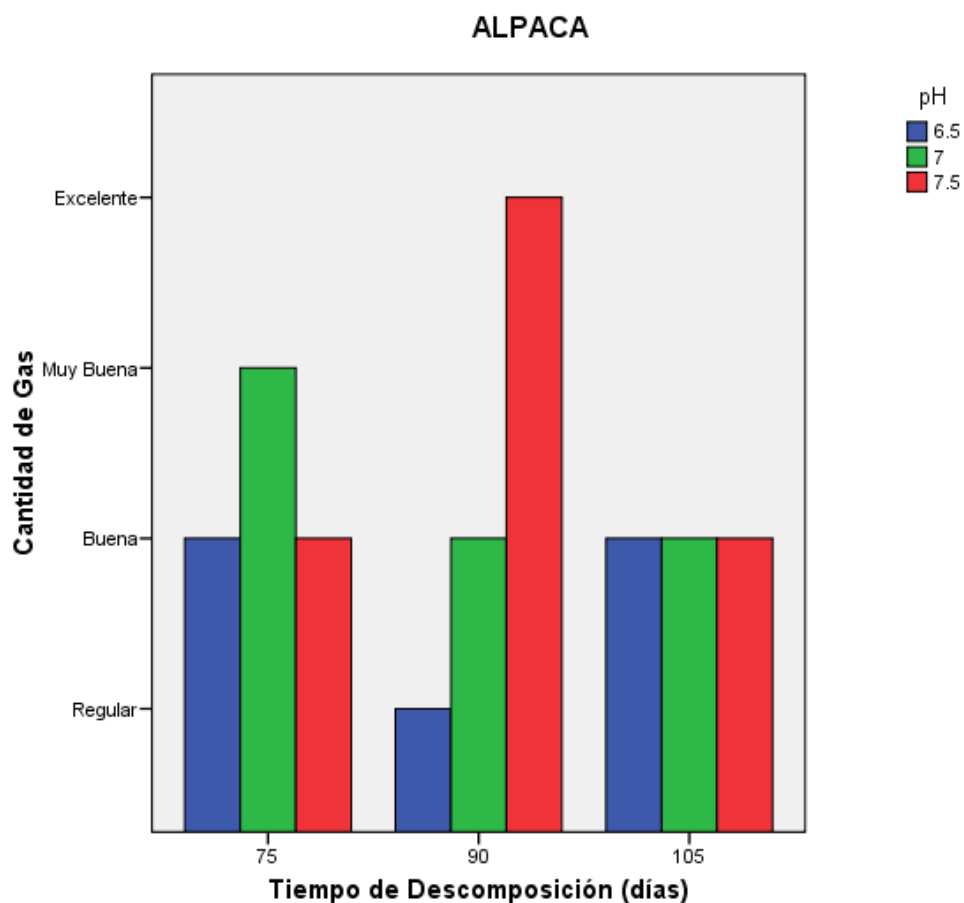


**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

3.8 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico informático SPSS.

Gráfico # 1: ALPACA – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y pH.





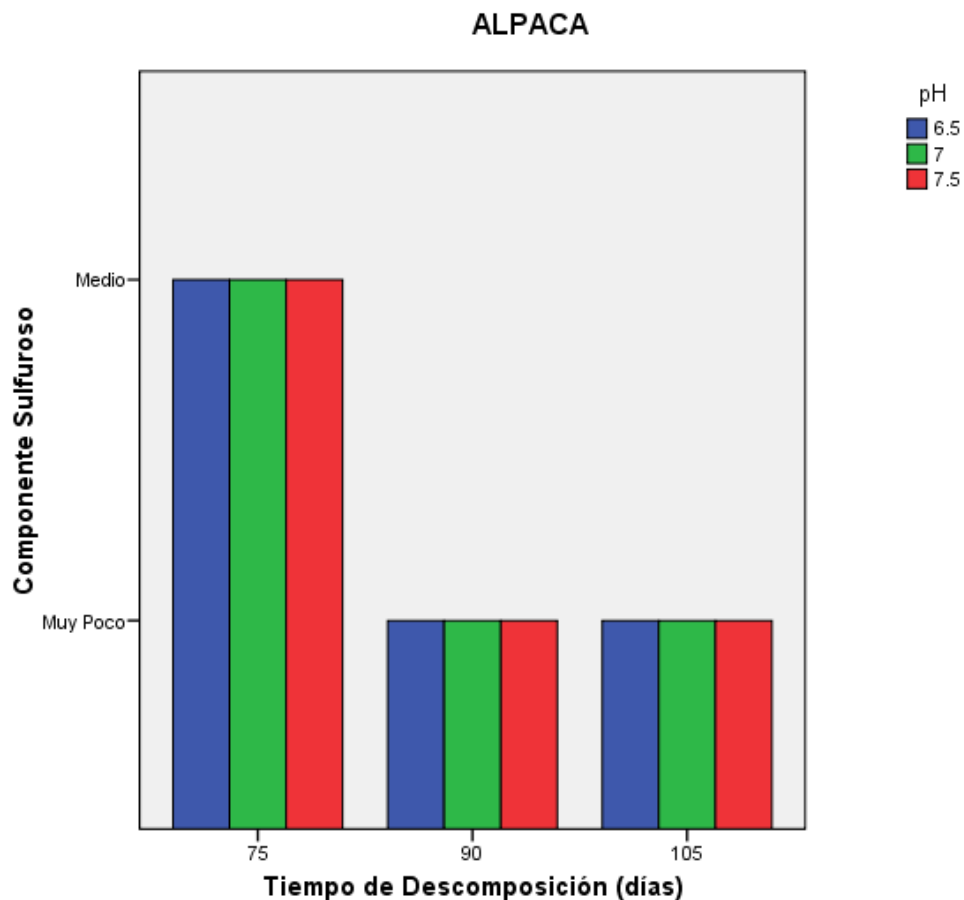
**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

En el gráfico #1 se estima una diferencia en la producción de gas de acuerdo a las condiciones que rigen en el entorno. La Alpaca presenta una mayor obtención de biogás a un pH 7.5 a los 90 días de descomposición y con un pH neutro a los 75 días de descomposición.

Gráfico # 2: ALPACA – Componente Sulfuroso vs Tiempo de Descomposición y pH.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

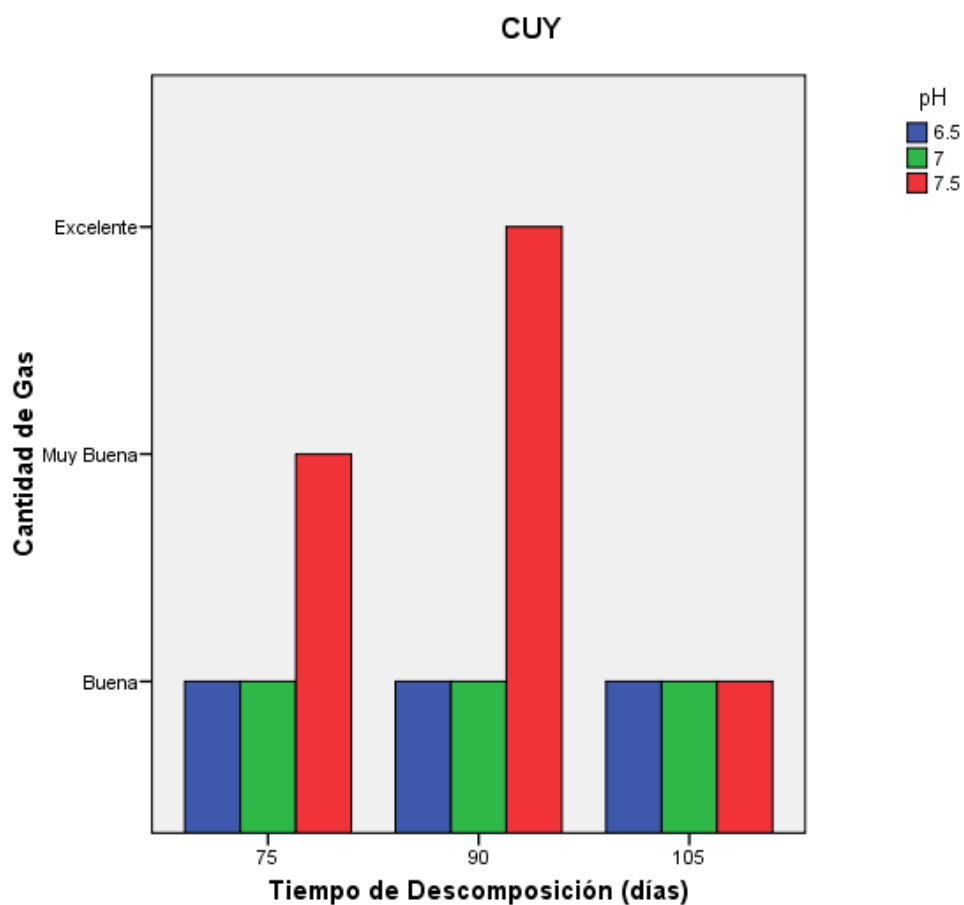


Según las variables que se observan en el gráfico #2, se puede establecer que en la Alpaca mientras mayor es el tiempo de descomposición, la producción del componente sulfuroso disminuye, sin importar los tres valores de pH, ya que el componente sulfuroso se mantiene a un nivel constante en un mismo tiempo de descomposición.



“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

Gráfico # 3: CUY – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y pH

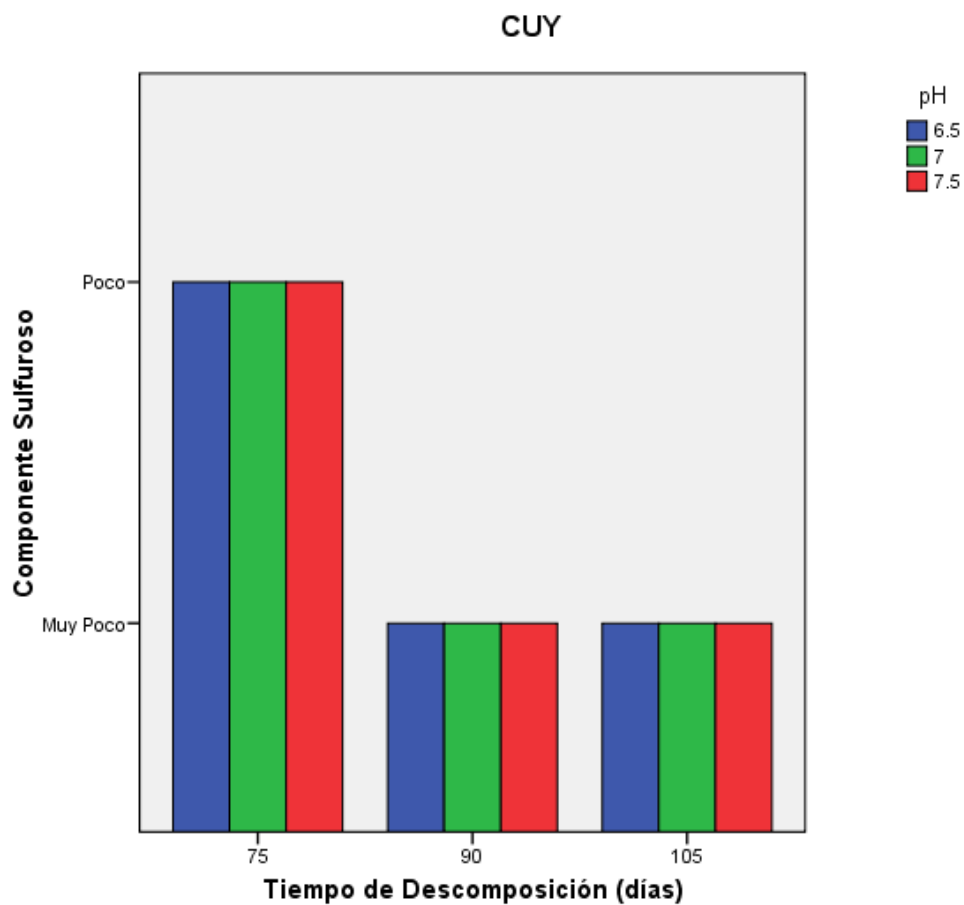


Por su parte el cuy, el grafico #3 tiene dos picos donde se da una mayor producción de gas al igual que la Alpaca a los 90 días de descomposición a un pH 7.5, con una categoría de excelente y a los 75 días con un pH 7.5.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 4: CUY – Componente Sulfuroso vs Tiempo de
Descomposición y pH**

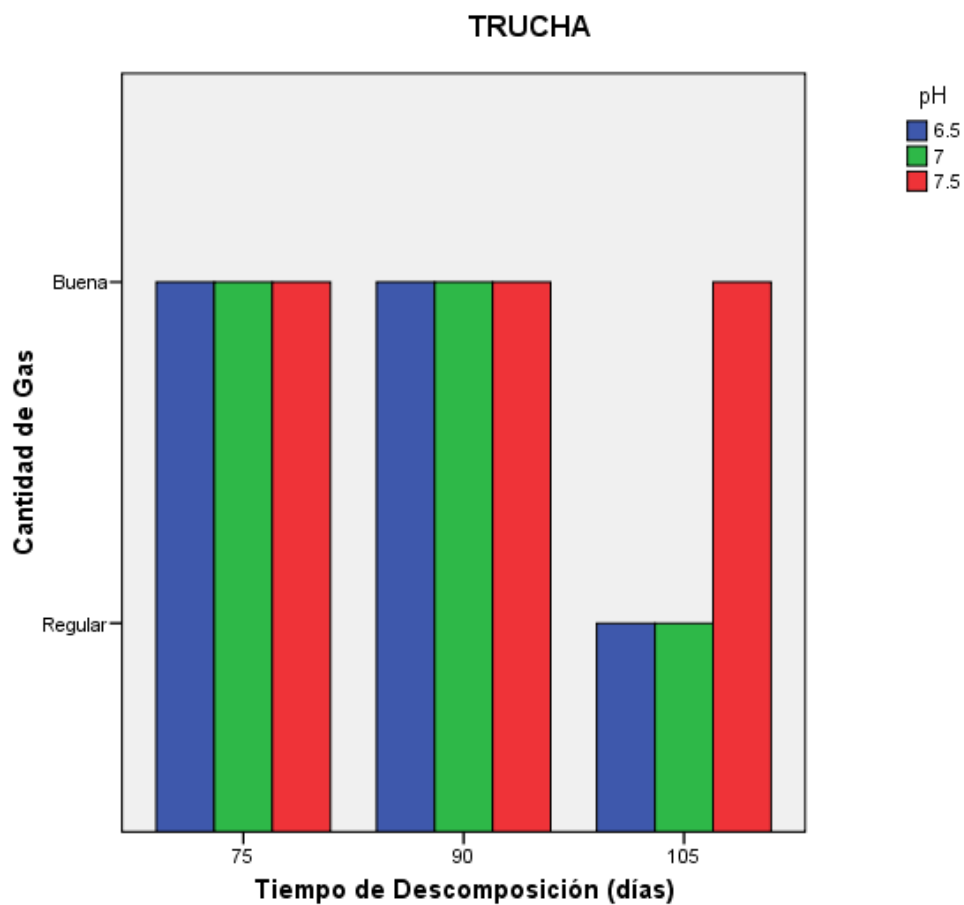


Claramente se observa en el grafico #4 que el cuy, produce muy poco componente sulfuroso y mantiene un comportamiento similar al de la alpaca, es decir a mayor tiempo de descomposición menos es la producción de componente sulfuroso.



“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

**Gráfico # 5: TRUCHA – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición
y pH.**

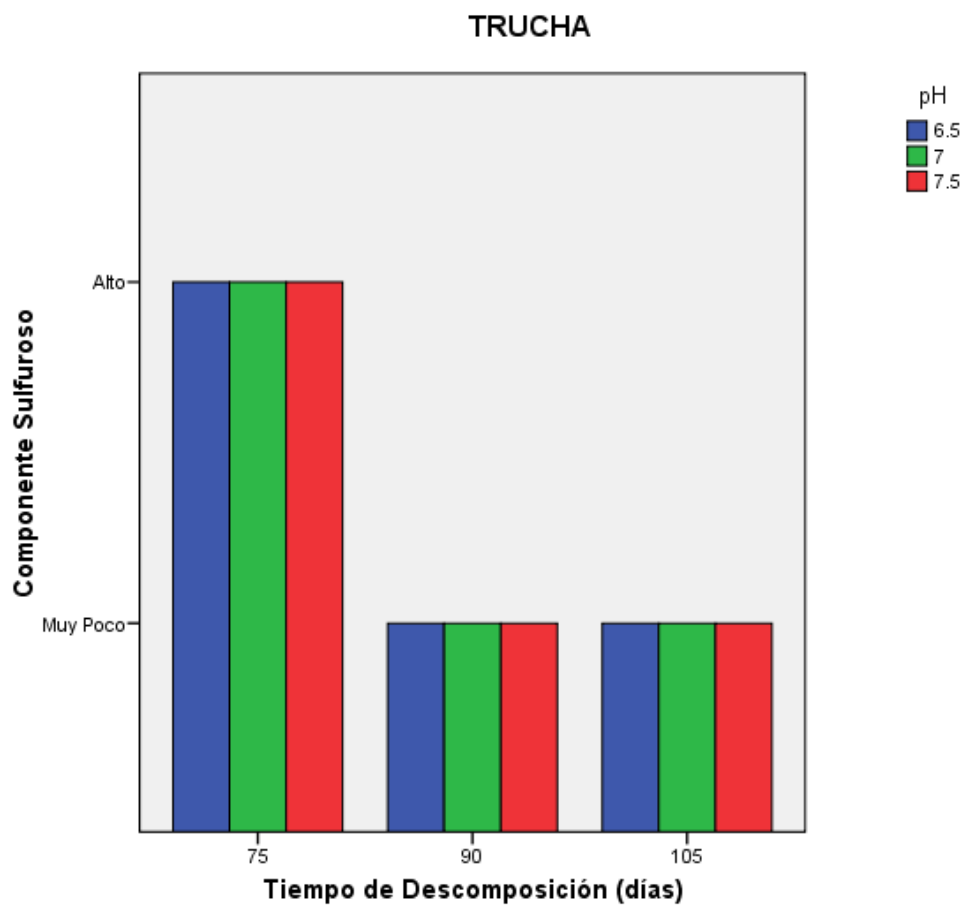


La cantidad de biogás que ofrece la trucha, es menor a la que aportan los animales anteriormente analizados, prácticamente se mantiene constante en una categoría de buena a excepción de un declive que tiene a los 105 días a un pH 6.5 y 7, lo que se muestra en el grafico #5



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 6: TRUCHA - Componente Sulfuroso vs Tiempo de
Descomposición y pH.**

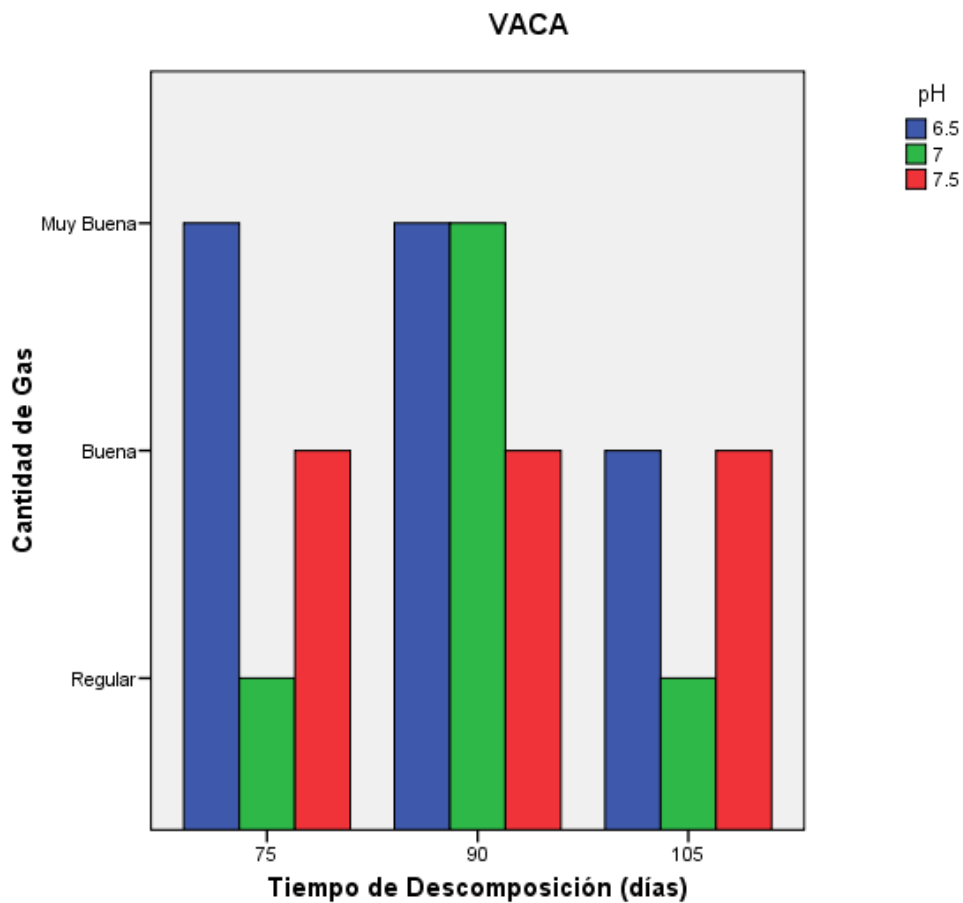


La cantidad de componente sulfuroso que se muestra en el grafico #6 que se alcanza en las unidades de biodigestión empleando material intestinal de la trucha es alto a los 75 días y el comportamiento vs el tiempo descomposición es similar al cuy y la alpaca.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 7: VACA – Cantidad de Gas vs Tiempo de Descomposición y
pH.**

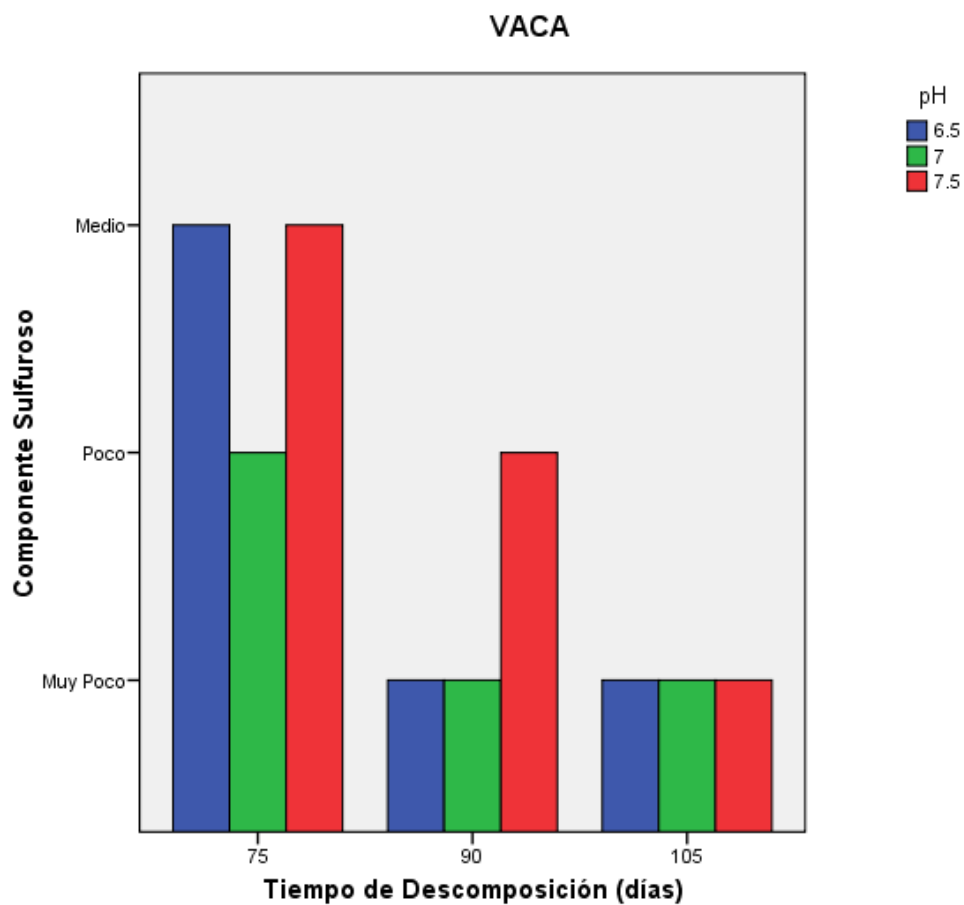


La cantidad de biogás producida en las botellas donde se usaron pedazos de intestino de vaca, oscila entre un nivel de bueno y muy bueno como se puede observar en el gráfico #7.



“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

**Gráfico # 8: VACA – Componente Sulfuroso vs Tiempo de
Descomposición y pH.**

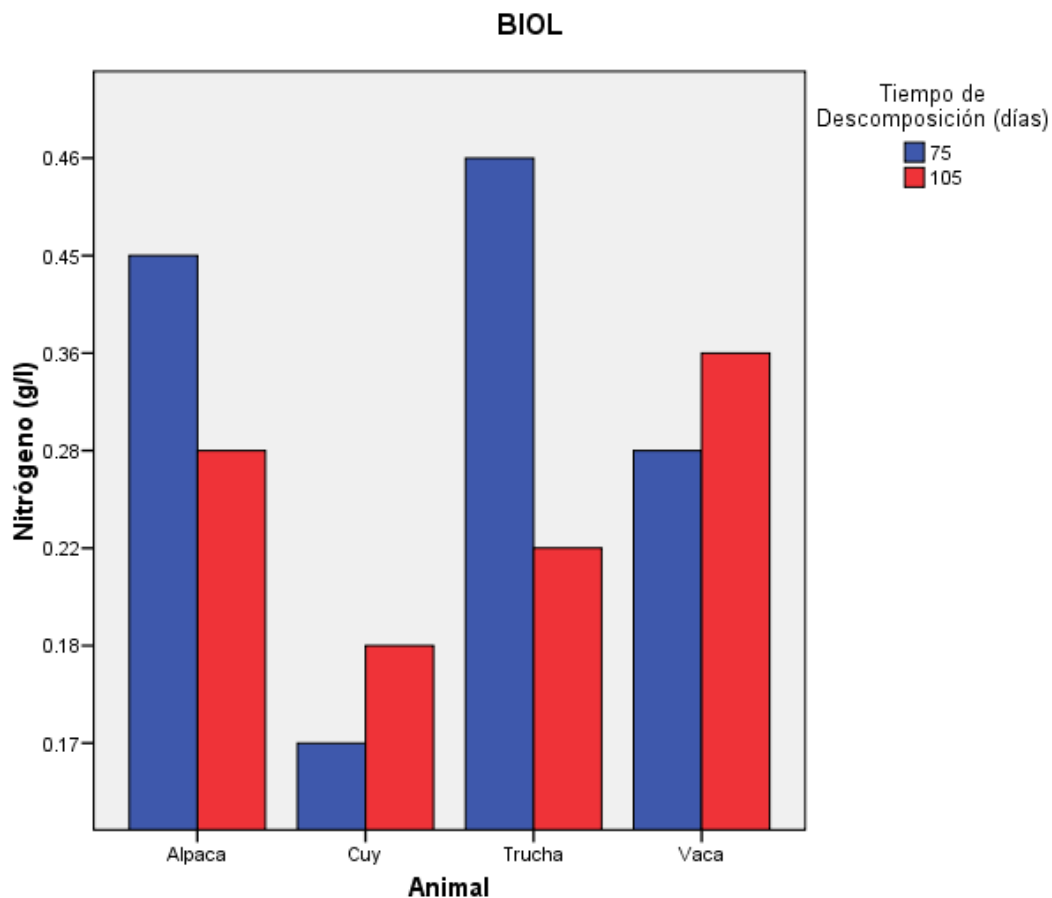


La mayor parte de componente sulfuroso se obtiene a los 75 días como se observa en el grafico # 8, y a medida que pasa el tiempo éste disminuye.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 9: BIOL – Concentración de Nitrógeno vs Animal y Tiempo de
Descomposición.**

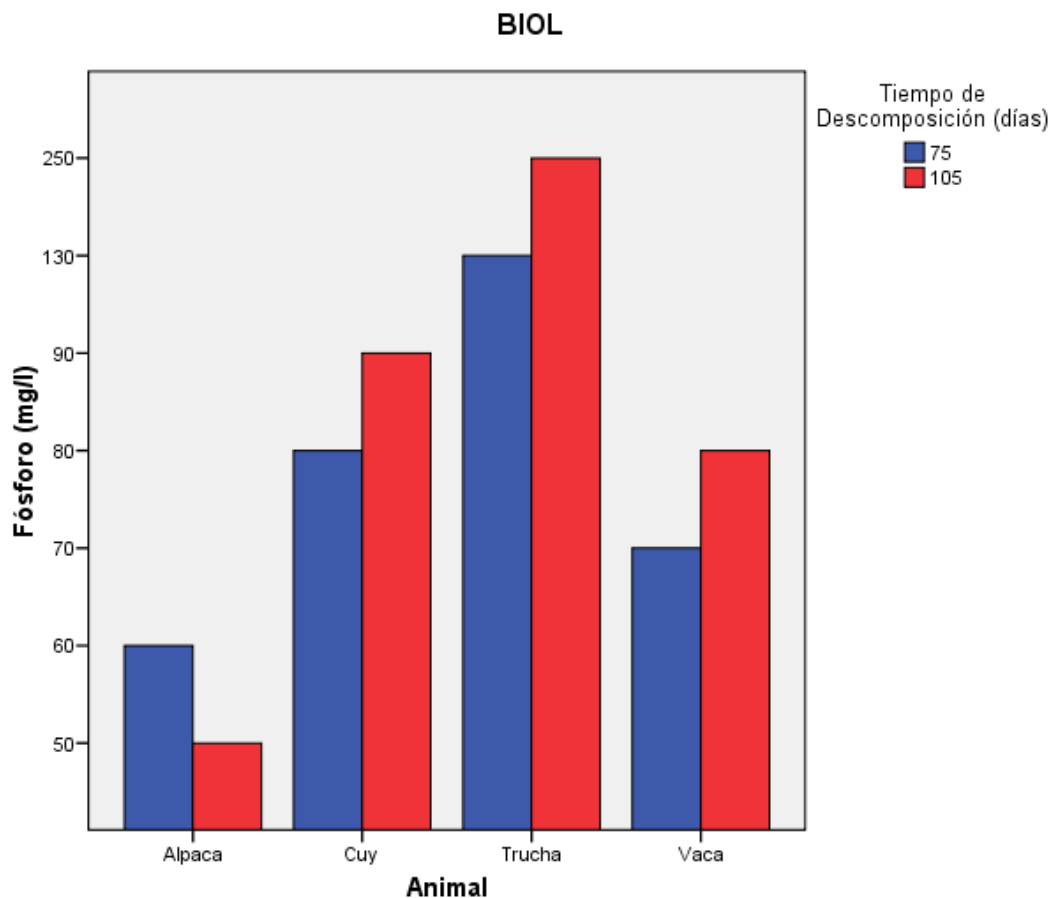


Al analizar la cantidad en gramos por litro de nitrógeno presente en el biol se puede observar que es muy disperso, la alpaca aporta una mayor cantidad a los 75 días, el cuy a los 105 al igual que la vaca. La trucha es el animal que más contribuye, a los 75 días llegando a un nivel de más del doble que a los 105 días.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 10: BIOL – Concentración de Fósforo vs Animal y Tiempo de
Descomposición.**

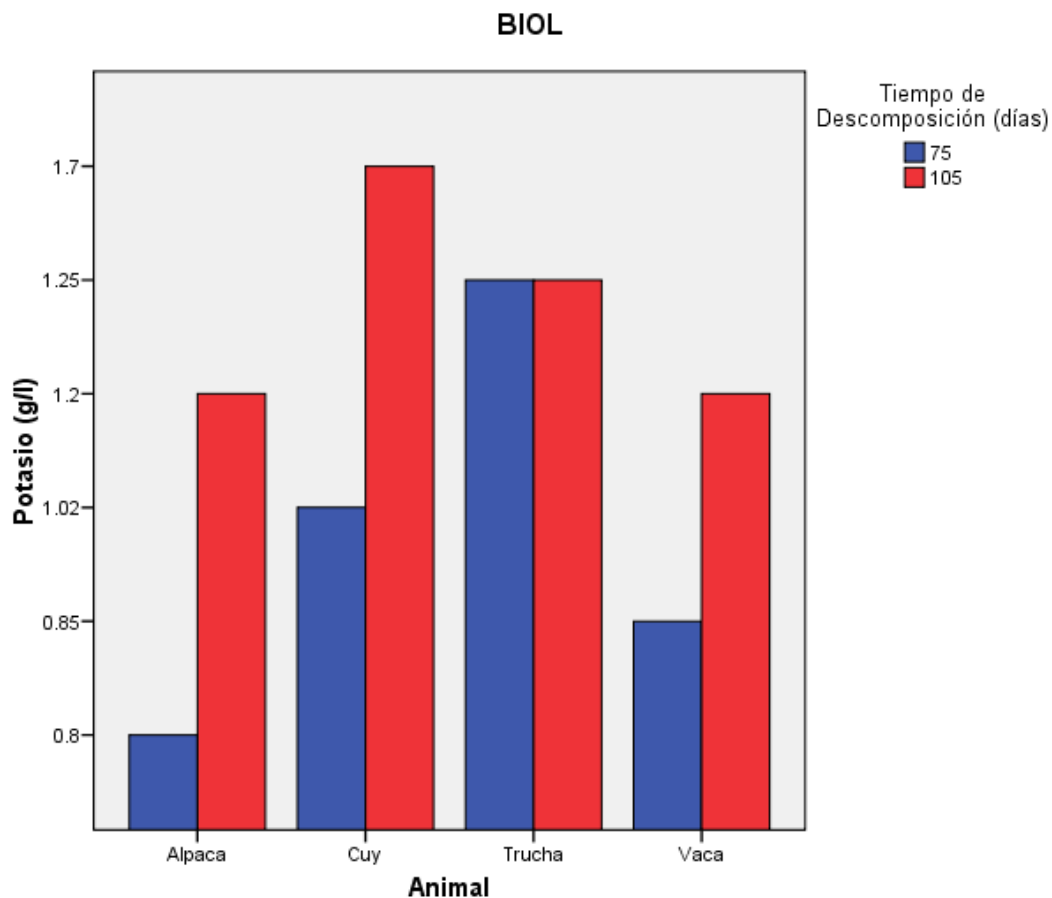


El animal que contribuye con la mayor cantidad de fósforo en el biol es la trucha a los 105 días de descomposición, seguida del cuy, vaca y por último la alpaca que a los 75 días tiene la concentración mayor pero que con respecto a los valores encontrados en los otros animales resulta ser el más bajo.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 11: BIOL – Concentración de Potasio vs Animal y Tiempo de
Descomposición.**

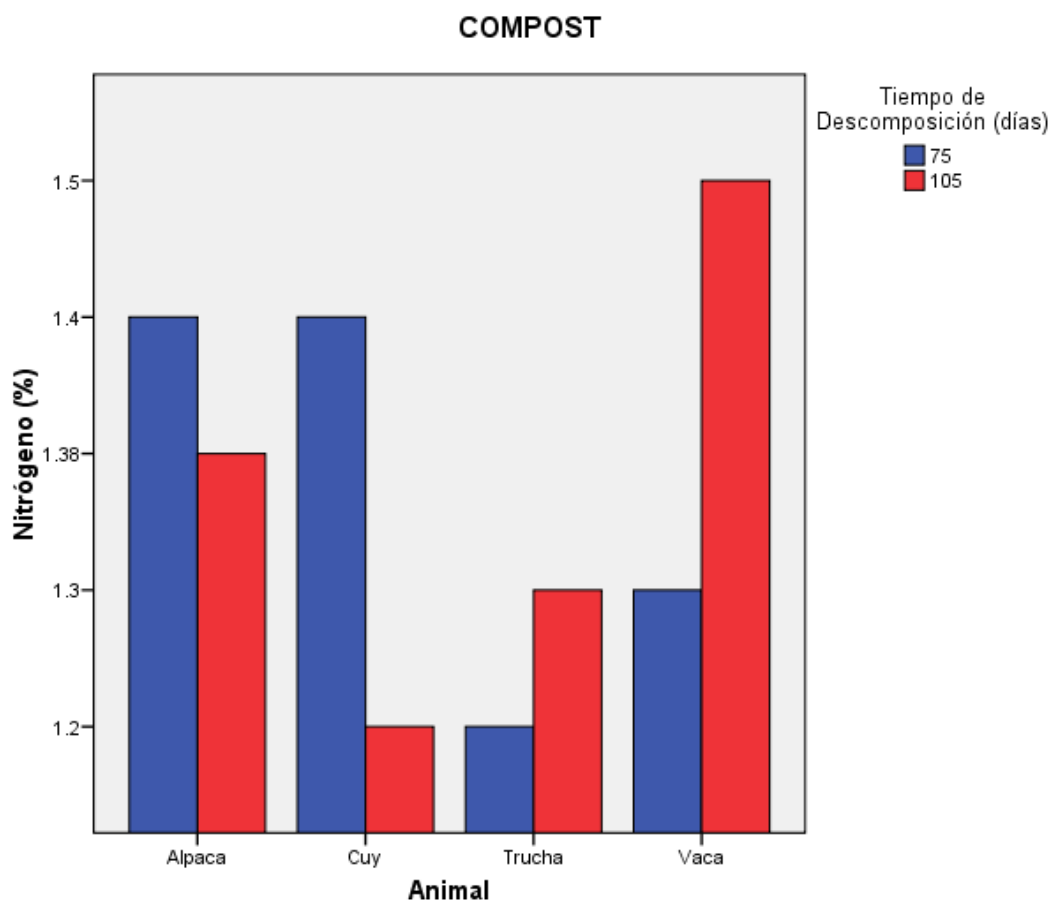


El animal que produce mayor contenido de potasio es el cuy a los 105 días de descomposición, en segundo lugar la trucha que el nivel de potasio no varía con el tiempo de digestión y en tercer lugar la alpaca y vaca a los 105 días de descomposición.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 12: COMPOST – Concentración de Nitrógeno vs Animal y
Tiempo de Descomposición.**

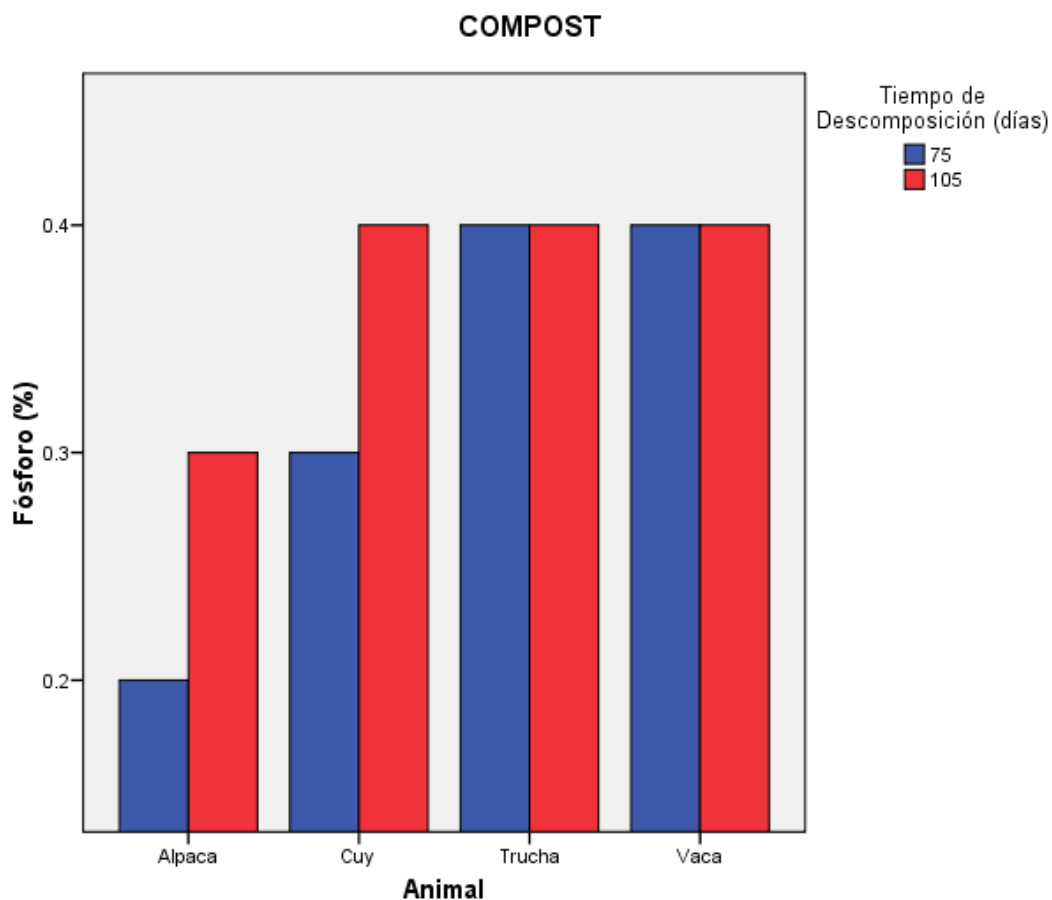


En cuanto al porcentaje de nitrógeno en las muestras de compost la vaca es el animal que más aporta a los 105 días, el cuy y alpaca en un mismo nivel a los 75 días de digestión y por último la trucha cuyo contenido es el menor.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 13: COMPOST – Concentración de Fósforo vs Animal y
Tiempo de Descomposición.**

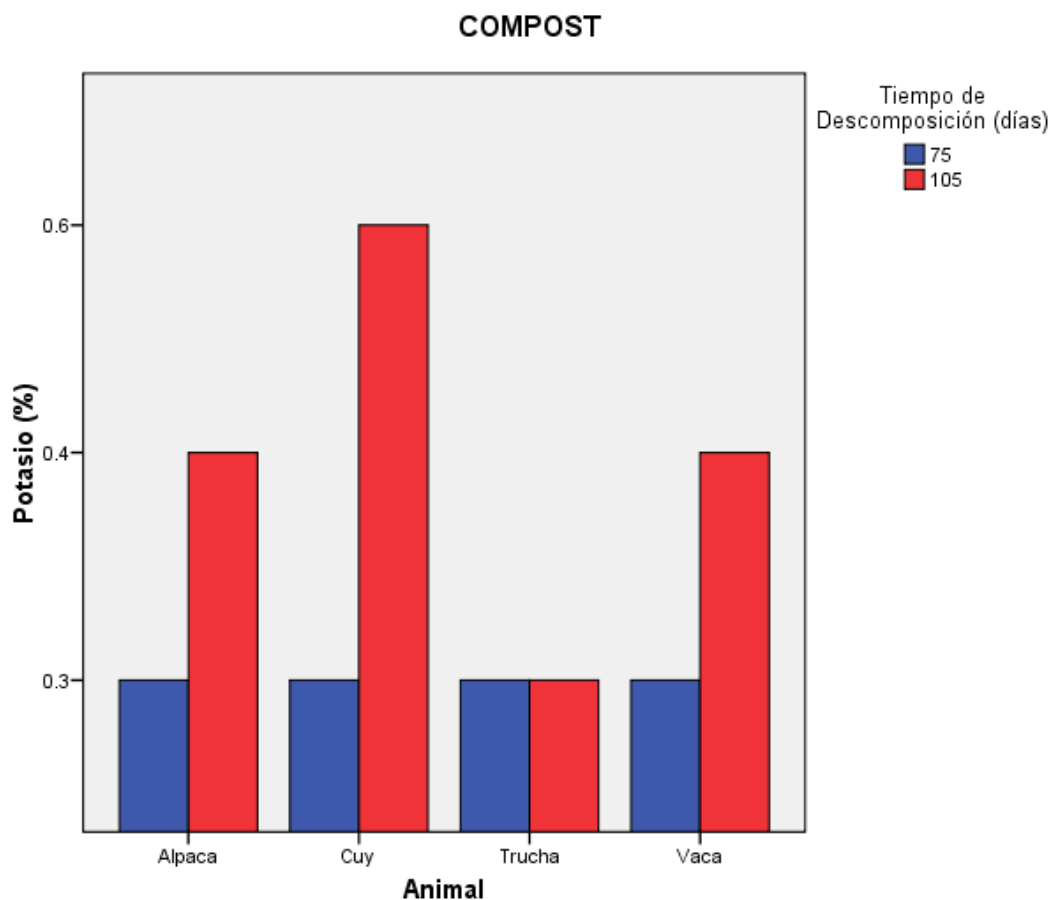


Este es un grafico no tan disperso, debido a que el porcentaje que aporta la trucha y la vaca no varían de acuerdo a los días de descomposición, mientras que el porcentaje del cuy y alpaca aumenta a medida que pasa el tiempo.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

**Gráfico # 14: COMPOST – Concentración de Potasio vs Animal y
Tiempo de Descomposición.**

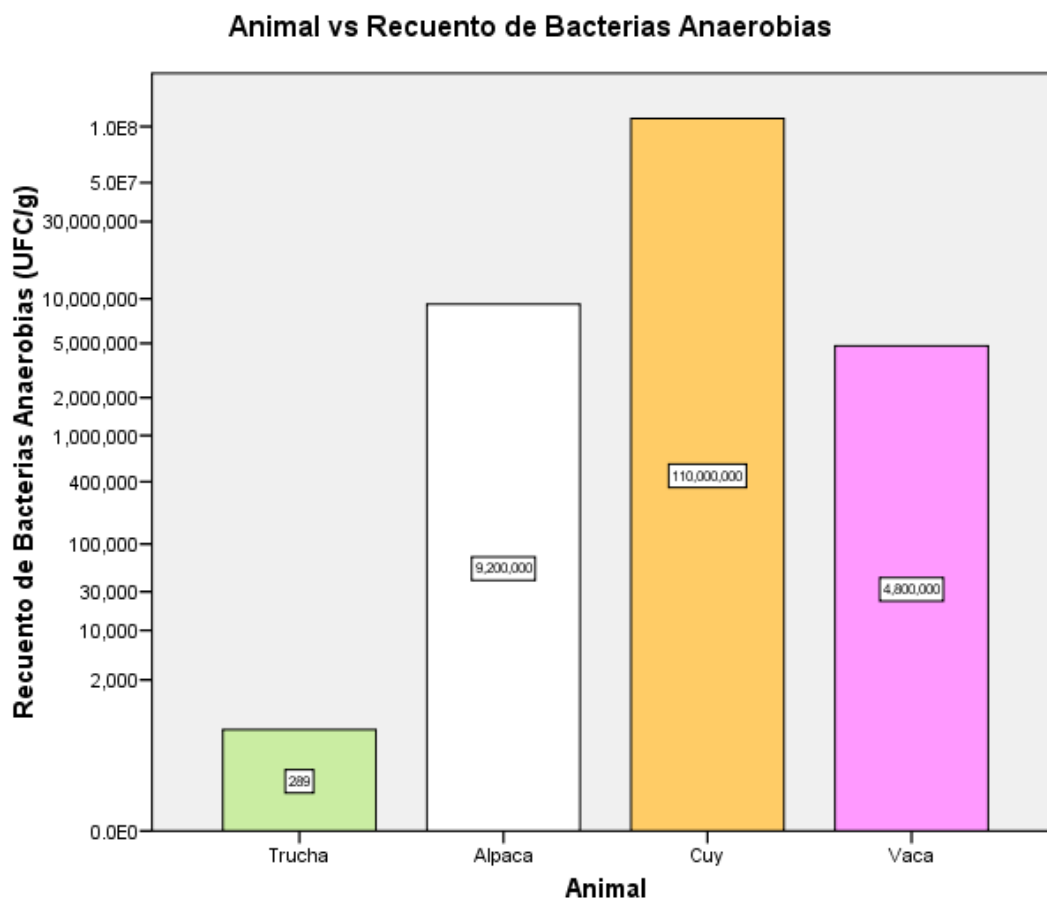


El gráfico #14 muestra tres picos que representa el contenido de potasio a los 105 días, en el caso del cuy llega a producir el doble que a los 75 días, mientras que el nivel de contenido de potasio que registra la trucha es el mismo a los 75 y 105 días de descomposición.



“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

Gráfico # 15: Animal vs Recuento de Bacterias Anaerobias



Según se muestra en el gráfico # 15, se puede determinar que el animal que mayor número de bacterias anaerobias tiene en su intestino es el cuy, el mismo que se destaca con un pico amplio. En segundo lugar se encuentra la alpaca seguida con muy poca diferencia de la vaca y por último la trucha con una diferencia muy marcada.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

- REGISTRO DE PRESIÓN MANOMÉTRICA**

# Día	Fecha	Manómetro
48	29 de septiembre de 2009	Marca 2psi
49	30 de septiembre de 2009	
50	1 de octubre de 2009	
51	2 de octubre de 2009	
52	3 de octubre de 2009	
53	4 de octubre de 2009	Marca 3 psi
54	5 de octubre de 2009	
55	6 de octubre de 2009	
56	7 de octubre de 2009	
57	8 de octubre de 2009	
58	9 de octubre de 2009	Marca 4 psi
59	10 de octubre de 2009	
60	11 de octubre de 2009	
61	12 de octubre de 2009	
62	13 de octubre de 2009	
63	14 de octubre de 2009	Marca 5 psi
64	15 de octubre de 2009	
65	16 de octubre de 2009	
66	17 de octubre de 2009	
67	18 de octubre de 2009	
68	19 de octubre de 2009	
69	20 de octubre de 2009	Marca 6 psi
70	21 de octubre de 2009	
71	22 de octubre de 2009	
72	23 de octubre de 2009	
73	24 de octubre de 2009	
74	25 de octubre de 2009	
75	26 de octubre de 2009	Marca 7 psi
76	27 de octubre de 2009	
77	28 de octubre de 2009	



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

78	29 de octubre de 2009	
79	30 de octubre de 2009	
80	31 de octubre de 2009	
81	1 de noviembre de 2009	Marca 8 psi



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

- **Cálculo de la cantidad de biogás en el biodigestor grande de 55 galones.**

Tanque Grande	
Diámetro (m)	0.585
Radio (m)	0.2925
Altura Total (m)	0.86
Altura Materia (m)	0.57
Altura Gas (m)	0.29
π	3.1416

Volumen Tanque Grande (m ³)
$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
$V_{TG} = 0.23115$

Volumen Materia (m ³)
$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
$V_M = 0.15321$

Volumen Gas (m ³)
$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
$V_G = 0.07795$

Al utilizar la ecuación de Gas Ideal, con R constante universal para sacar el número de moles, se obtiene lo siguiente:

$$Pv = nRT$$

P = presión R = constante universal de los gases
v = volumen T = temperatura

Cálculo de Moles del Aire: $P_1v_1 = nRT_1$

P_1 Cuenca	0.7466 bar	T_1 Celsius	14.95 °C
v_1 Gas	0.07795 m ³	T_1 Absoluta	287.95 °K
R	0.08314 $\frac{\text{bar} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot ^\circ\text{K}}$		



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

$$n = \frac{0.7466 \times 0.07795}{0.08314 \times 287.95} \quad n_{\text{aire}} = 0.002431 \text{ kmol} ; \quad n = 2.431 \text{ mol aire}$$

Se considera un proceso isocórico debido a que el volumen es constante e isotérmico porque la variación de la temperatura no es significativa, mientras que la presión en el tanque alcanzó a 8 psi

Cálculo de Moles de Biogás: $P_2 V_2 = nRT_2$

P_2 Manométrica	0.551576 bar	V_2 Gas	0.07795 m ³
P_2 Absoluta ($P_1 + \text{Man}$)	1.298176 bar	T_2 Celsius	14.95 °C
R	0.08314 $\frac{\text{bar} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot ^\circ\text{K}}$	T_2 Absoluta	287.95 °K

$$n = \frac{1.298176 \times 0.07795}{0.08314 \times 287.95} \quad n_{\text{gases}} = 0.004277 \text{ kmol} ; \quad n = 4.227 \text{ mol gases}$$

Teniendo en cuenta que el biogás en su mayoría está formado por metano, se determino que:

Peso Molecular del Metano Gaseoso: 16.043 g/mol

Entonces expresado en masa se tiene: 67.81 gramos

$$\rho = \frac{m}{V} ; \quad V = \frac{m}{\rho}$$

Densidad del Metano Gaseoso: 0.717 kg/m³

De esta manera se tiene un volumen aproximado de:



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

$$V = \frac{0.06781}{0.717} \quad V = 0.095 \text{ m}^3 ; V = 94.57 \text{ litros} ; V = 25.02 \text{ galones}$$

Entonces en el tanque se generó un volumen de 25.02 galones de biogás.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

CAPÍTULO # 4

4.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Se obtuvo biogás a partir de la digestión de materia orgánica por acción bacterias anaerobias presentes en el sistema digestivo de animales de la Sierra Ecuatoriana, en climas entre 10 y 19 °C.
2. De las mezclas realizadas con los desperdicios orgánicos, excrementos de ganado bovino y material intestinal de vaca, trucha, alpaca y cuy se obtuvo un índice muy alentador en la producción de biogás en la sierra, encontrándose una mayor producción con la alpaca y el cuy a los 90 días a un pH de 7,5.
3. Como subproductos de la biodigestión se obtuvo un fertilizante líquido llamado biol y un sólido conocido como compost; ambos de buena calidad nutritiva para el suelo.
4. Los niveles de concentración de nitrógeno en los diferentes compost obtenidos a partir de la materia de los cuatro animales, está por encima del rango establecido para fertilizantes orgánicos; el Fósforo dentro del



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

rango y el Potasio por debajo del rango señalado por Raffaella Ansaloni en la “Guía para la interpretación de análisis de suelo”(1993).

5. Los resultados obtenidos de los análisis de biol, se establece que los niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio son muy superiores a los establecidos a partir de estiércol más alfalfa mencionado en la obra “Agricultura Orgánica Alternativa tecnológica del futuro” de Manuel B. Suquilanda V. (1996).
6. La cantidad de biogás en el biodigestor grande, alcanzó un volumen aproximado a 25 galones en 90 días a temperatura de la región Sierra del Ecuador.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

4.2 RECOMENDACIONES

1. Que estudiantes de las Escuelas de Ingeniería Química y Bioquímica y Farmacia, continúen en esta línea de investigación.
2. Mejorar el diseño del tanque de biodigestión grande mencionado en este trabajo para que con las mezclas anotadas y dentro de las condiciones descritas se pueda obtener biogás y aprovecharlo para diferentes menesteres como serian cocinas, calefones y una gama de aplicaciones anotadas.
3. De esta manera toda la basura orgánica podría ser utilizada con estos propósitos, lo que aliviaría su indiscriminada recolección y las consecuencias sociales que acarrea dicha manipulación en todas las ciudades del país.
4. El uso de los subproductos de la digestión anaerobia como abonos orgánicos para enriquecer el humus en la tierra productiva de arboles, hortalizas, frutos etc.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

5. El reciclaje de los desperdicios orgánicos debidamente procesados aliviaría muchas necesidades domésticas a la vez que la sanidad ambiental nos proporcionarían mejores condiciones de salud y vida dentro de la utilización de una energía alternativa que hoy afecta al medio ambiente y favorece a la destrucción de la capa de ozono.
6. Hoy en día el 80% de la energía que consumimos proviene de las energías fósiles, es hora de empezar por adoptar tecnologías nuevas de países como Estados Unidos, China, India, Alemania y España que son los primeros que han invertido en las energías renovables.
7. Esta es una alternativa para quemar el metano ya que este es 23 veces más potente que el dióxido de carbono como gas de efecto invernadero, calentando la tierra hasta niveles sin precedentes.



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

BIBLIOGRAFÍA

¹ <http://biodigestores.org/category/informacion-general/>

Disponible: 13/12/09

² http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Biodisgestores.pdf

Disponible: 13/12/09

³ <http://biodigestores.org/tipos-de-digestores/>

Disponible: 13/12/09

⁴ <http://blog.espol.edu.ec/gaming/biodigestor/>

Disponible: 14/12/09

⁵ <http://www.bioero.com/biotecnologia/produccion-de-biogás-beneficios-para-el-medio-ambiente.html>

Disponible: 14/12/09

⁶ <http://www.textoscientificos.com/energia/fermentacion>

Disponible: 14/12/09



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

⁷ <http://www.biodisol.com/biocombustibles/biogás-que-es-el-biogás-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogás-energias-renovables-biocombustibles/>

Disponible: 15/12/09

⁸ <http://www.textoscientificos.com/energia/biogás>

Disponible: 17/12/09

⁹

http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/san_juan/712/biomasa_y_biog%C3%A1s.htm

Disponible: 17/12/09

¹⁰ <http://www.emison.com/metanizacion.htm>

Disponible: 19/12/09

¹¹ <http://ambientalnatural.com.mx/Article.php?ArticleSKU=Composting-Basics>

Disponible: 19/12/09

¹² http://www.ecoharmony.com.ec/cnt/organicos_vs_quimicos.html

Disponible: 20/12/09



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

¹³ <http://santodomingo.olx.com.ec/bioestimulante-fertilizante-organico-iid-27503491>

Disponible: 21/12/09

FIGURAS

¹⁴ Figura No. 1 - http://www.energianatural.com.ar/Imagenes/bg_05.gif

Disponible: 18/12/09

¹⁵ Figura No. 2 - http://www.energianatural.com.ar/Imagenes/bg_07.gif

Disponible: 18/12/09

¹⁶ Figura No. 3 -

http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.bioero.com/wp-content/uploads/2009/03/biodigestores.jpg&imgrefurl=http://www.bioero.com/index.php%3Ftag%3Dproducci%25C3%25B3n-de-biogás&usg=__JcU-nnD2FmabrqF_46b3nMxR4mk=&h=218&w=350&sz=13&hl=es&start=1&um=1&itbs=1&tbnid=3qfLsQdDJvE1pM:&tbnh=75&tbnw=120&prev=/images%3Fq%3Dbiodigestor%2BDE%2BPOLIETILENO%26gbv%3D2%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1

Disponible: 18/12/09



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

¹⁷ Figura No. 4 - <http://www.textoscientificos.com/energia/fermentacion>

Disponible: 14/12/09

¹⁸ Figura No. 5 - <http://www.textoscientificos.com/energia/biogás/usos>

Disponible: 17/12/09

¹⁹ Figura No. 6 y 7 - Fuente personal

²⁰ Figura No. 8 - Fuente personal

²¹ Figura No. 9 - Fuente personal

²² Figura No. 10 y 11 - Fuente personal

²³ Figura No. 12 – Fuente personal

²⁴ Figura No. 13 – Fuente personal

²⁵ Figura No. 14 y 15 – Fuente personal



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

ANEXOS

ANEXO 1

Estómago de Alpaca





UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

ANEXO 2

Estómago de Trucha



ANEXO 3

Estómago de Vaca





UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

ANEXO 4

Estómago de Cuy





UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

ANEXO 5

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Datos de recepción

Solicitado por: Diana Marcela Crespo
Muestras: Estómagos de animales
Fecha: 18 de enero de 2010
Análisis de: Determinación del Microorganismos Anaerobios mesófilos
Fechas de análisis: del 1 de diciembre al 17 de diciembre de 2009
Nº de muestras: cuatro

Procedencia: Entregada en el laboratorio por la persona interesada.

INFORME DEL RESULTADO

FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ANALISIS	MUESTRA	R. E. P. Anaerobios UFC/g muestra
01/12/2009	1-3/12/2009	Estómago de TRUCHA	$2,89 \times 10^2$
08/12/2009	08-10/12/2009	Estómago de ALPACA	$9,2 \times 10^6$
08/12/2009	08-10/12/2009	Estómago de CUY	$1,1 \times 10^8$
15/12/2009	15-17/12/2009	Estómago de VACA	$4,8 \times 10^6$

Determinación del número de microorganismos anaerobios mesófilos, expresado como Unidades Formadoras de Colonias por gramo de muestra, UFC/g.
Medios de cultivo utilizados: Medios de Brewer y de Tioglicolato

VALOR DEL ANÁLISIS: \$40,00

Dra. Carmen Lucía López C.
Analista

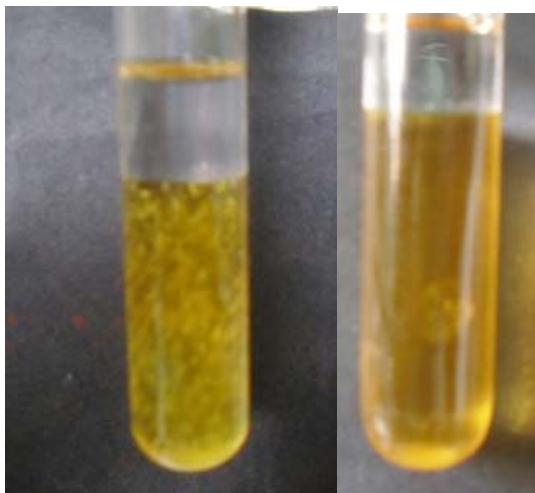
AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO



**“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”**

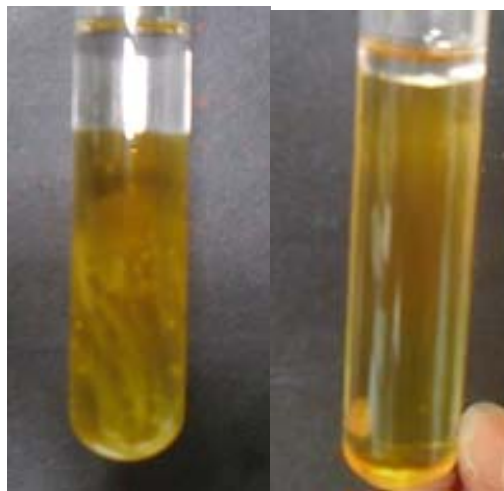
ANEXO 6

**Bacterias Anaerobias provenientes del Material Intestinal de Animales
Utilizados en el Presente Estudio**



Alpaca

Cuy



Vaca

Trucha



**"COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA"**

ANEXO 7

**DATOS DE TEMPERATURA MEDIA DEL AEROPUERTO
"MARISCAL LAMAR"**

Cuenca, Enero 04 / 2010

AGOSTO \ 09

<i>Día</i>	<i>C</i>
1	15,2
2	14,4
3	15,3
4	14,8
5	15,4
6	13,9
7	14,0
8	14,7
9	14,7
10	14,7
11	15,0
12	14,8
13	15,3
14	14,3
15	13,3
16	14,4
17	14,4
18	15,5
19	15,9
20	15,7
21	15,0
22	14,7
23	14,2
24	15,0
25	15,0
26	15,4
27	15,1
28	13,5
29	13,5
30	12,6
31	14,9

SEPTIEMBRE \ 09

<i>Día</i>	<i>C</i>
1	14,8
2	15,8
3	14,1
4	15,5
5	15,1
6	13,8
7	14,1
8	14,3
9	16,1
10	15,7
11	14,3
12	14,9
13	14,3
14	16,4
15	15,0
16	14,7
17	14,5
18	15,1
19	14,4
20	16,7
21	16,4
22	15,7
23	16,1
24	15,2
25	15,9
26	16,5
27	15,0
28	15,0
29	15,4
30	15,0

OCTUBRE \ 09

<i>Día</i>	<i>C</i>
1	16,7
2	15,9
3	17,0
4	15,0
5	13,7
6	17,3
7	16,5
8	15,8
9	15,7
10	15,0
11	14,2
12	15,8
13	15,8
14	14,8
15	15,6
16	16,7
17	17,1
18	14,8
19	15,1
20	15,2
21	14,8
22	14,6
23	16,4
24	16,8
25	17,0
26	16,8
27	15,1
28	17,3
29	17,3
30	15,9
31	16,4


Silvio Urquiza T.
METEOROLOGO DAC





UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**"COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA"**

**DATOS DE TEMPERATURA MEDIA DEL AEROPUERTO
"MARISCAL LAMAR"**

Cuenca, Enero 04 / 2010

NOVIEMBRE \ 09

Día	C
1	15,0
2	14,7
3	14,8
4	15,4
5	14,5
6	13,9
7	13,2
8	13,9
9	14,9
10	15,8
11	16,3
12	14,7
13	16,2
14	15,8
15	15,9
16	16,1
17	16,6
18	14,3
19	16,8
20	17,8
21	18,0
22	18,1
23	16,5
24	16,6
25	17,6
26	18,3
27	16,5
28	16,5
29	16,0
30	17,1


Silvio Urquiza T
METEOROLOGO DAC



**AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO**



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

ANEXO 8



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
LABORATORIO DE SUELOS
Casilla 168
Cuenca-Ecuador

Nº 0912

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

NOMBRE: Srta. Marcela Crespo

PARROQUIA:

CANTON:

PROVINCIA:

CULTIVO ANTERIOR:

CULTIVO ACTUAL:

COSTO \$ 135,00

Muestras Líquidas

RESULTADOS

	A1	A2	C1	C2	T1	T2	V1	V2	T.G.
PH									
N g/l	0,45	0,28	0,17	0,18	0,46	0,22	0,28	0,36	0,86
P mg/l	60	50	80	90	130	250	70	80	37
K g/l	0,8	1,2	1,02	1,7	1,25	1,25	0,85	1,2	1,3
OTROS:									

Cuenca, 4 de Febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
Dr. Fausto Moscoso B.
LABORATORIO DE SUELOS.

AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“COMPARACION DE LA PRODUCCION DE BIOGÁS A PARTIR DE
DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA”

ANEXO 9



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
LABORATORIO DE SUELOS
Castilla 168
Cuenca-Ecuador

Nº 0913

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

NOMBRE: Srta. Marcela Crespo

PARROQUIA:

CANTON:

PROVINCIA:

CULTIVO ANTERIOR:

CULTIVO ACTUAL:

CSTO \$ 160,00

Muestras Sólidas

RESULTADOS

	A1	A2	C1	C2	T1	T2	V1	V2
PH								
N %	1,4	1,38	1,4	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5
P %	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
K %	0,3	0,4	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4
OTROS:								

Cuenca, 4 de Febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
LABORATORIO DE SUELOS.
DR. Fausto Mascoso B.

AUTORA:
DIANA MARCELA CRESPO ASTUDILLO